МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

М. В. ГЕРАСИМОВИЧ

СРОК СЛУЖБЫ КИНЕСКОПОВ

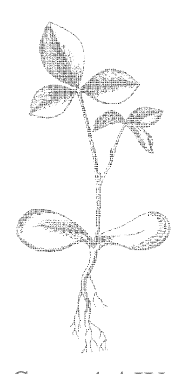


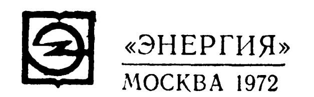
МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 796

М. В. ГЕРАСИМОВИЧ

СРОК СЛУЖБЫ КИНЕСКОПОВ





«ЭНЕРГИЯ»
МОСКВА 1972

6Ф2.9
Г37

УДК 621.385.832.7

Герасимович М. В.

Г37 Срок службы кинескопов, М, «Энергия», 1972.

56 стр. с ил. (Массовая радиобиблиотека, вып. 796).

В книге разобраны вопросы эксплуатации черно-белых и цветных кинескопов, причины возникновения неисправностей и меры по их предотвращению.
Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей.

3-4-5 / 372-72 6Ф2.9

МИХАИЛ ВАСИЛЬЕВИЧ ГЕРАСИМОВИЧ

Срок службы кинескопов

Редактор *В. Ф. Костиков*
Редактор издательства *В. А. Абрамов*
Обложка художника *Н. Т. Ярешко*
Технический редактор *В. В. Зеркаленкова*
Корректор *И. А. Володяева*

Сдано в набор 20/VII 1971 г. Подписано к печати 20/XII 1971 г. Т-16890
Формат 84×108[1]/[32] Бумага типографская № 2 Усл. печ. л. 2,94
Уч.-изд. л. 3,96 Тираж 50 000 экз. Цена 17 коп. Зак. 1021

Издательство «Энергия». Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4

Глава превая. **Общие сведения о кинескопах** 5
Устройство и принцип действия 5
Параметры и применение 7
Глава вторая. **Анализ причин выхода кинескопов из строя** 8
Потеря эмиссии 8
Трещины в месте спая стекла с металлом 13
Натекание воздуха в колбу 14
Междуэлектродные замыкания 16
Междуэлектродные пробои 17
Обрыв нити накала 18
Обрыв катода 19
Трещины горловины 19
Бой и самопроизвольный взрыв 19
Холодная эмиссия 21
Глава третья. **Долговечность кинескопов** 21
Общие сведения 21
Качество вакуума 22
Температура катода 23
Активность катода 24
Старение люминофоров 26
Глава четвертая. **Эксплуатация кинескопов** 28
Напряжение накала кинескопа 28
Напряжение второго анода 29
Напряжение катод-модулирующий электрод 30
Напряжение ускоряющего и фокусирующего электродов . . 30
Магниты ионных ловушек 31
Центрирующие магниты 32
Старение магнитов 33
Климатические факторы 33
Хранение кинескопов 34
Глава пятая. **Контроль и восстановление кинескопов** . . 35
Определение простейших неисправностей 35
Просмотр электронного изображения катода 36
Прибор для проверки и восстановления кинескопов 38
Восстановление кинескопов 47
Глава шестая. **Цветные кинескопы** 49
Общие сведения 49
Качество экрана 51
Вакуумные характеристики 53
Эксплуатация 54
Восстановление 55
Литература . . . . 3-я стр. обл.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последнее время улучшение качества продукции, повышение ее надежности и долговечности является одной из самых главных, самых важных народнохозяйственных задач. «Можно без преувеличения сказать, — говорил в одном из своих выступлений академик А. И. Берг, — что вопрос о надежности сейчас самый важный из всех вопросов технического прогресса».

В радиоэлектронной промышленности достижение необходимого уровня надежности во многом ограничивается частыми выходами из строя электровакуумных приборов, в том числе и электроннолучевых трубок. Одна из разновидностей этих трубок, называемая кинескопами, нашла широкое применение в телевидении.

Решение проблемы повышения долговечности кинескопов немыслимо без правильной их эксплуатации. Опыт показывает, что даже хорошо осведомленные специалисты по ремонту телевизоров не всегда достаточно глубоко знают физические процессы работы кинескопов. Особенно это чувствуется при анализе причин их неисправностей, а также выборе оптимальных режимов работы.

Задача настоящей брошюры заключается в том, чтобы в доступной форме рассказать радиолюбителям об основных вопросах эксплуатации кинескопов, не излагая в полной мере все физико-химические процессы, протекающие при их изготовлении и эксплуатации.

Автор считает своим долгом выразить благодарность инженерам И. С. Марченко, Т. М. Гордону, И. И. Блюсу, просмотревшим рукопись и сделавшим ряд ценных замечаний. Автор приносит благодарность также коллективу лаборатории надежности Львовского завода кинескопов за помощь по подготовке рукописи.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КИНЕСКОПАХ

Устройство и принцип действия

Кинескопом называют приемную электроннолучевую трубку для преобразования электрического сигнала в видимое изображение. Кинескоп состоит из электронного прожектора и люминесцентного экрана, помещенных в колбу, внутри которой создан высокий вакуум (рис. 1). Электронный прожектор представляет собой электронно-

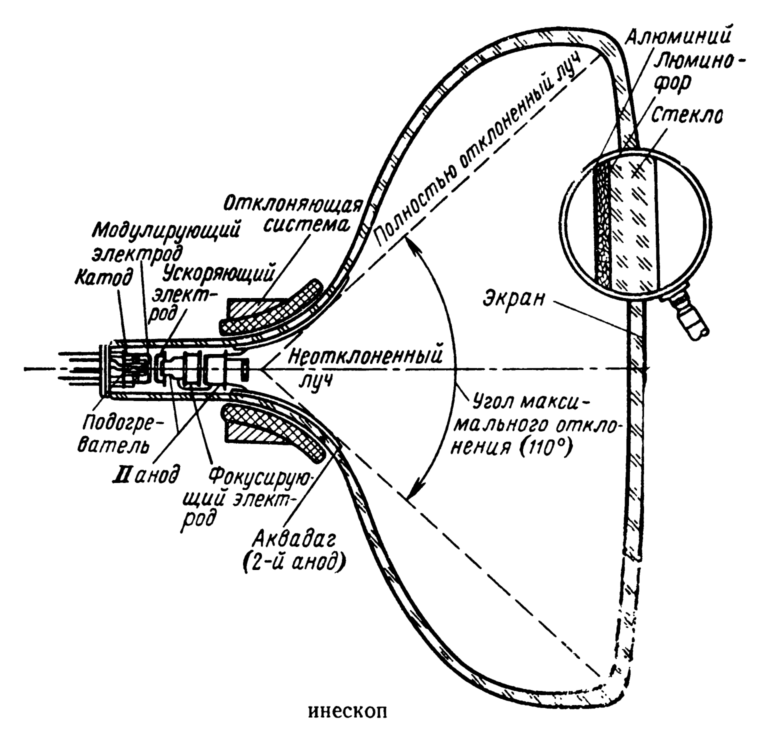


Рис. 1. Устройство кинескопов типа 47ЛК2Б и 59ЛК2Б.

Тип кинескопа*	Угол отклонения, *град*	Длина, *мм*	Диаметр горловины, *мм*	Напряжение накала, *в*	Ток накала, *а*	Напряжение ускоряющего электрода, *в*
35ЛК2Б	70	460	36,5	6,3	0,55	300
43ЛК2Б	70	510	36,5	6,3	0,55	300
43ЛК9Б-М	110	330	36,5	6,3	0,55	300
47ЛК2Б	110	302	28,6	6,3	0,3	400
59ЛК2Б	110	362	28,6	6,3	0,3	400
65ЛК1Б	110	381	28,6	6,3	0,3	400
23ЛК9Б	90	188	20,5	12	0,065	300
16ЛК1Б	70	188	13	1,35	0,28	300
11ЛК1Б	55	175	13	1,35	0,28	300

* В принятом обозначении типов кинескопов первые две цифры указывают цифра указывает номер разработки, буква Б — белое свечение экрана.

** В скобках указаны значения тока луча, *мка*.

*** В скобках указаны значения яркости, *нт*.

оптическую систему, которая фокусирует в узкий пучок электроны, эмиттируемые оксидным катодом, а также ускоряет движение по направлению к экрану. Ближе всего к катоду расположен модулирующий электрод (цилиндр Венельта), назначение которого — управлять потоком электронов. Когда на модулирующий электрод или катод поступает телевизионный сигнал, изменяется разность потенциалов между этими двумя электродами, вследствие чего колеблется интенсивность электронного луча, от которого зависит яркость светящегося пятна, движущегося по экрану.

В современных типах кинескопов применяется тетродная электронно-оптическая система с одиночной линзой, отличающаяся от триодной тем, что между модулирующим электродом и анодом установлен дополнительно ускоряющий электрод.

Между чашками *II* анода расположен фокусирующий электрод. Этот электрод часто называют первым анодом, поэтому основной анод, на который подается высокое напряжение, носит название второго анода.

Ускоряющий электрод по отношению к катоду находится под небольшим положительным потенциалом (300—400 *в*). Этот электрод устраняет влияние модулирующего электрода на форму поля в пространстве главной фокусировки и уменьшает воздействие второго анода на ток катода.

Фокусирующий электрод (первый анод) служит для того, чтобы уменьшить диаметр пучка электронов до минимальной величины. На него подается напряжение, величина которого для каждого типа и экземпляра кинескопов различна (от 100 до 500 *в*).

Величины напряжений, подводимых к электродам кинескопов различных типов, приведены в табл. 1.

Пройдя фокусирующий электрод, электронный пучок попадает в магнитное поле отклоняющей системы, которая представляет собой две пары взаимно перпендикулярных катушек. Эти катушки нахо-

Таблица 1

Напряжение анода, *кв*	Напряжение фокусирующего электрода, *в*	Запирающее напряжение, *в*	Величина модуляции, *в*	Гарантированная долговечность, *ч*
12	—100 ÷ +425	—30 ÷ —90	25(1—100)**	1 500
12	—100 ÷ +425	—30 ÷ —90	25(1—100)**	1 500
14	—100 ÷ +425	—30 ÷ —80	25(1—50)**	3 000
16	0—400	—30 ÷ —80	32(1—180)**	3 000
16	0—400	—30 ÷ —80	44(1—300)**	3 000
20	0—400	—40 ÷ —90	55(1—450)**	3 000
9	0—250	—15 ÷ —35	15(1—65)**	1 500
9	0—450	—10 ÷ —40	15(0—150)***	1 000
9	0—500	—15 ÷ —35	15(0—260)***	1 000

размер экрана по диагонали в *см*, буквы ЛК — лучевой кинескоп, следующая

дятся в одном каркасе, надетом на горловину кинескопа. По катушкам пропускают пилообразный ток, магнитное поле которого заставляет двигаться электронный пучок (луч) по экрану. Движение электронного луча происходит очень быстро (со скоростью около 0,25 скорости света).

В настоящее время большинство типов кинескопов выпускают с экраном, покрытым поверх люминофора тончайшим слоем алюминия, что позволяет отказаться от применения ионных ловушек (см. далее) и получить изображение более высокого качества.

На кинескопы крупных размеров для предотвращения их взрывов надевают специальные металлические бандажи, скрепленные с кинескопом связующим веществом, чаще всего гипсом.

Параметры и применение

Первые кинескопы, которые были установлены в телевизорах «КВН-49», «Т-2 Ленинград» и др., имели небольшой экран круглой формы диаметром 18—23 *см* и угол отклонения электронного луча 52°. Усовершенствование конструкции кинескопов в основном шло по пути увеличения размеров экрана и угла отклонения луча. Последнее позволило значительно уменьшить длину кинескопов и, соответственно, глубину футляров телевизоров. Улучшение конструкции прожектора, применение электростатической фокусировки взамен магнитной, изменение круглой формы экрана на прямоугольную, применение контрастного стекла и алюминирование экрана — вот основные этапы улучшения качественных показателей кинескопов.

В настоящее время наиболее широкое применение получили кинескопы типов 35ЛК2Б, 43ЛК2Б, 43ЛК9Б-М, 47ЛК2Б, 59ЛК2Б. Кинескопы типа 43ЛК2Б, 43ЛК3Б и 35ЛК2Б по своим конструктив-

ным параметрам устарели, однако по масштабам применения они занимают пока первое место. Последний (35ЛК2Б) используется во многих широко распространенных телевизорах (типа «Рекорд», «Старт», «Весна» и др.). Освоен и уже длительное время выпускается улучшенный вариант этого типа кинескопа, — кинескоп 35ЛК6Б с алюминированным экраном, который применяется в унифицированных телевизорах III класса УНТ-35. Яркость свечения экрана у этого кинескопа почти в 2 раза выше, чем у 35ЛК2Б. В нем использована укороченная электронно-оптическая система (без ионной ловушки).

Кинескопы 43ЛК2Б (металлостеклянные) и 43ЛК3Б (цельностеклянные) также широко распространены. Они применяются в телевизорах типа «Львів», «Верховина», «Неман», «Рубин», «Знамя» и др.

В настоящее время практикуется замена этих кинескопов цельностеклянными типа 43ЛК12Б, имеющими повышенную долговечность.

Кинескопы типа 43ЛК9Б-М по световым и электрическим параметрам отвечают требованиям сегодняшнего дня, однако по форме экрана явно устарели. Они применяются в телевизорах «Волна», «Сигнал», «Темп-6» и др. В настоящее время кинескоп 43ЛК9Б-М модернизирован. В нем применены взрывозащитное устройство и укороченная электронно-оптическая система. Модернизированному кинескопу присвоено обозначение 43ЛК11Б.

В телевизорах, которые выпускаются в течение последних 6 лет, применяются кинескопы типа 47ЛК2Б и 59ЛК2Б. Как по внешнему оформлению, так и по другим параметрам эти кинескопы находятся на уровне лучших мировых образцов. Яркость свечения экрана у них не менее 100 *нт* при токе луча 120 *мка*. Сейчас эти кинескопы применяются более чем в 15 типах телевизоров.

С каждым годом увеличивается выпуск малогабаритных кинескопов для портативных телевизоров.

Дальнейшее развитие и совершенствование кинескопов для черно-белого телевидения ведется в направлении создания плоских вакуумных и невакуумных (твердотельных) кинескопов.

ГЛАВА ВТОРАЯ

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЫХОДА КИНЕСКОПОВ ИЗ СТРОЯ

Дефекты цельностеклянных кинескопов с углом отклонения луча 110°, возникающие в течение гарантированного времени долговечности, могут быть следующими: потеря эмиссии катодом (45—50%); нарушение вакуума (20—25%); замыкание катод — подогреватель (10—15%); замыкание других электродов (5—8%); обрыв электродов (3—5%); прочие (трещины горловины, пробой, самопроизвольный взрыв, паразитная эмиссия и др.) (8—15%).

Потеря эмиссии

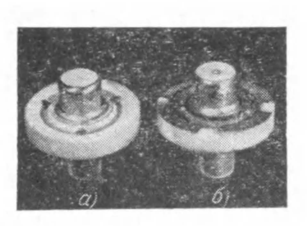
Этот дефект — один из самых распространенных. На него приходится около половины всех выходов кинескопов из строя в течение гарантийного срока.

Причин потери эмиссии катодом очень много, например: плохое качество материалов катода, плохая обработка его, неправильная эксплуатация кинескопа, неудовлетворительный вакуум и т. п.

Прежде чем перейти к подробному рассмотрению указанных причин, остановимся вкратце на устройстве и принципе действия катода. Оксидный катод кинескопа представляет собой никелевую гильзу диаметром 2—3 *мм*, на торец которой нанесен оксидный слой (рис. 2). Толщина слоя не превышает 0,07 *мм*, а масса равна при-

Рис. 2. Внешний вид катодов кинескопов.

а — не бывшего в эксплуатации; *б* — бывшего в эксплуатации.



мерно 0,6 *мг*. При рассматривании оксидного покрытия хорошо видна его кристаллическая структура.

Для создания оксидного покрытия на торец гильзы катода вначале наносят углекислые соединения (карбонаты) щелочноземельных металлов бария и стронция ($BaCO_3$ и $SrCO_3$) с добавлением органических связывающих веществ. Затем карбонаты $BaCO_3$ и $SrCO_3$ прокаливают при температуре 1 000° С в вакууме. При этом происходит разложение карбонатов на окислы (оксиды):

$$BaCO_3 \rightarrow BaO + CO_2.$$

Одновременно с разложением карбонатов в покрытии появляются атомы свободного бария, прежде всего при восстановлении окиси бария BaO окисью углерода CO, образующейся при разложении карбонатов.

Другим важным фактором, способствующим восстановлению свободного бария, является взаимодействие его окиси с активирующими присадками керна катода, такими как кремний, магний и др., которые специально вводятся в керн в количестве 0,1—0,4%. Восстановление свободного бария происходит также при электролитическом разложении окиси бария во время работы катода.

По мере нагревания катода число свободных атомов бария увеличивается и диффундирует в различные слои оксида. Часть их адсорбируется на поверхности оксидного покрытия в виде «островков». Они то и являются основными источниками эмиттируемых катодом электронов. Следует помнить, что в работе кинескопа принимает участие не вся поверхность оксидного катода, а лишь его центральная часть, равная примерно диаметру отверстия диафрагмы модулирующего электрода, который обычно не превышает 1 *мм*, а диаметр катода равен примерно 3 *мм*. Таким образом, используется только одна десятая часть общей площади катода, т. е., примерно 0,75 *мм*^{2}, в то время когда в лампе 6П13С, например, рабочая площадь катода равна 320 *мм*^{2}. Несмотря на то что удельная плотность эмиссионного тока в обоих случаях примерно одинакова, катод ки-

нескопа скорее выходит из строя, так как в радиолампе при выходе из строя одного участка катода его заменяют другие, а в кинескопе возможность такой замены намного ниже. Поэтому, как только по какой-либо причине ухудшается качество рабочей поверхности катода кинескопа, он частично теряет эмиссию, что сопровождается уменьшением тока луча. Поэтому, подразумевая такой дефект, часто говорят не «катод кинескопа потерял эмиссию», а «у кинескопа мал ток луча». Второе следует считать более правильным, так как ток эмиссии катода — это ток всей поверхности катода, а ток луча — ток его рабочей части.

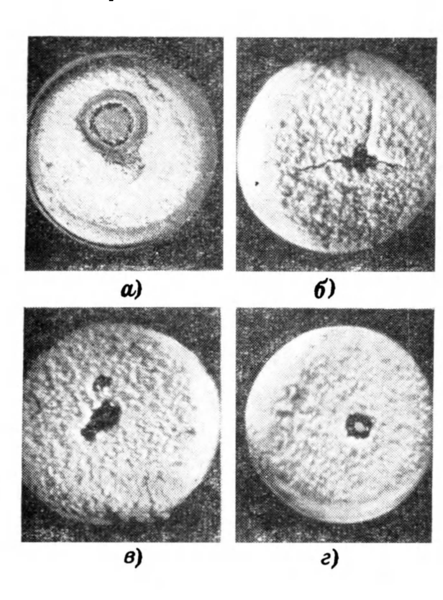


Рис. 3. Дефекты катодов кинескопов (увеличение ×25).

а — ионное разрушение; *б* — растрескивание и осыпание; *в* — испарение; *г* — пробой оксида и керна.

Переходя к рассмотрению причин ранних выходов кинескопов из строя по причине «мал ток луча», необходимо прежде всего отметить следующее. Часто бывают случаи, когда в телевизор устанавливают кинескопы с дефектами, допущенными при их производстве на заводе, например с плохо обработанными катодами, с плохим вакуумом, с микроскопическими неплотностями, через которые внутрь колбы проникает воздух, и др. Эти кинескопы, как правило, преждевременно выходят из строя. Точно так же существенное влияние на выход кинескопов из строя вследствие малого тока луча оказывает режим работы телевизора. Чем дольше эксплуатируется телевизор, тем вероятнее возникновение указанного дефекта (особенно у кинескопов типа 43ЛК2Б).

Дефекты катодов кинескопов могут быть следующие: а) испарение оксидного покрытия; б) ионное разрушение; в) отравление; г) растрескивание и осыпание; д) оседание посторонних частиц. Рассмотрим вкратце каждый из них.

Испарение оксидного покрытия. Долговечность оксидного катода, как уже упоминалось, определяется наличием на поверхности покрытия «островков» чистого бария. Испарение этих «островков» находится в экспоненциальной зависимости от температуры катода. Повышение ее на несколько десятков градусов снижает долговечность катода на несколько тысяч часов. Наряду с равномерным испарением всей поверхности покрытия очень часто на катоде можно наблюдать очаги локального испарения (рис. 3, *в*), которые образуются при резком подъеме температуры катода. Этот дефект возникает при плохой обработке катода в вакууме и при высоковольтном

прожиге кинескопов в результате пробоя высоким напряжения.

Интенсивное испарение оксидного покрытия и соответственно падение тока луча происходит при ухудшении параметров алундового покрытия, изолирующего катод от подогревателя. Проникнове-

Таблица 2

Признаки дефекта	Возможные причины	Способы устранения
Катод рыхлый, много мелких темных точек (рис. 4, *и*)	Катод недотренирован	При повышении напряжения накала темные пятна исчезают
Катод темный, без явных дефектов в виде пятен (рис. 4, *м*)	Поверхностное отравление газами	То же, что и в предыдущем случае
Катод имеет темные пятна (рис. 4, *в—е*)	Локальные испарения поверхности катода, посторонние предметы на ней	С повышением накала: пятна светлеют; пятна остаются темными
Катод имеет темное пятно: со светлыми участками в темной зоне (рис. 4, *ж*) без светлых участков в темной зоне (рис. 4, *л*)	Осыпание оксида; отлипание и осыпание оксида	С повышением накала пятно светлеет
В центре катода темное пятно с мелкими точками по бокам (рис. 4, *з*)	Налет углерода при диссоциации углеводородов	После повторной тренировки пятно исчезает
В центре небольшое темное пятно (рис. 4, *г*, *д*)	Пробой катода	Тренировка не помогает
В центре темное пятно с бледными краями (рис. 4, *к*)	Ионное разрушение с распылением керна катода	После повторной тренировки края пятна светлеют, центр остается темным
Темноватые пятна, разделенные светлыми полосками (рис. 27, *б*)	Растрескивание оксида из-за неправильного режима вакуумной обработки катода	Тренировка не помогает

ние вольфрама в толщу алунда, а также образование токов утечки в результате пробоев алунда приводят к росту тока накала, что в конечном результате повышает температуру катода.

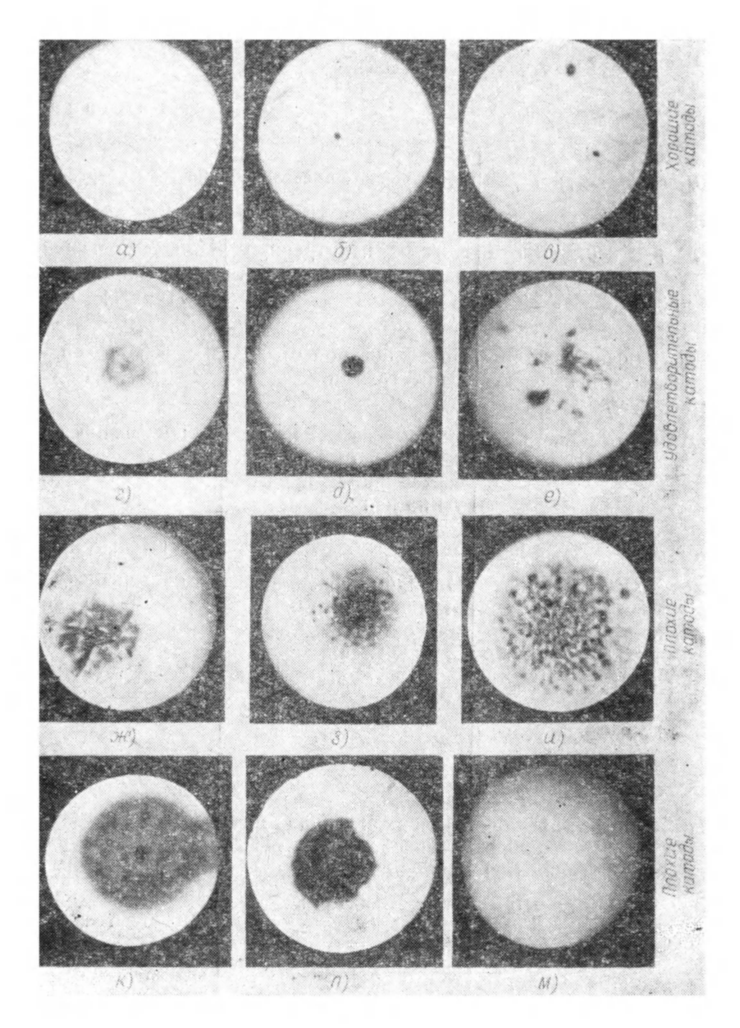


Рис. 4. Электронные изображения катодов кинескопов 47ЛК2Б и 59ЛК2Б.

Ионное разрушение. В отличие от катодов электронных ламп катод кинескопа работает в более жестких условиях из-за наличия высокого напряжения, влияние которого ускоряет процесс разрушения

катода ввиду бомбардировки его положительными ионами, которые образуются при ионизации остаточных газов электронным лучом. Интенсивность разрушения катода ионами определяется величиной давления остаточных газов и величиной напряжения на втором аноде. У кинескопов с дефектом «мал ток луча», как правило, вакуум хуже примерно в 10 раз. На рис. 3, *а* показана фотография катода с ионным разрушением у кинескопа с плохим вакуумом. Величина разрушенной зоны катода равна примерно диаметру отверстия модулятора. Однако не всегда ионное разрушение оказывает отрицательное воздействие на активность катода. В тех случаях, когда катод отравлен газами, ионная бомбардировка оказывает положительное действие, так как ею разрушается пленка окислов и начинают работать восстановленные участки катода.

Характерным признаком при выходе катода из строя вследствие ионного разрушения является напыление металла вокруг образовавшегося кратера. При длительной эксплуатации катода в плохом вакууме, кроме распыления оксида, возможно сквозное распыление керна катода.

Отравление катода. Отравление катода может быть поверхностным и объемным. При поверхностном («мягком») отравлении после подачи повышенного напряжения накала на подогреватель катод постепенно восстанавливает первоначальную активность, и наоборот, при глубоком отравлении катод начинает работать по-прежнему только после длительной тренировки или вообще не восстанавливается. Поверхностное отравление обычно наблюдается в первые часы работы кинескопа, а глубокое — после длительной эксплуатации.

Раннее появление дефекта «мал ток луча» может быть также следствием осыпания, оплавления и загрязнения оксида катода. Статистика показывает, что по этим причинам катод выходит из строя сравнительно часто. Осыпание и оплавление в большинстве случаев вызывают перекал катода. При больших температурах нагрева подложка катода начинает коробиться, оксидное покрытие (при непрочном закреплении) вспучивается и затем осыпается. Оплавление кристаллов, вспучивание, нарушение связи между керном и оксидом, а также между частицами оксида наступает не только при повышенной температуре катода, но и при наличии паров воды в колбе. Последнее особенно опасно в начальной стадии откачки кинескопов. Загрязнение оксида может носить самый различный характер.

В табл. 2 сведены основные дефекты катодов кинескопов, возможные причины их возникновения, способы проверки и устранения.

Прежде чем приступить к устранению дефектов катода, нужно тщательно изучить состояние поверхности оксидного покрытия (рис. 4).

Трещины в месте спая стекла с металлом

Этот дефект наблюдается в металлостеклянных кинескопах. На его долю приходится около 30% всех выходов из строя кинескопов 43ЛК2Б в течение гарантийного срока. Существующие методы контроля спаев стекла с металлом при массовом производстве металлостеклянных изделий не позволяют с необходимой точностью определить слабонадежные спаи.

Очень часто наблюдаются случаи, когда кинескоп с довольно большой трещиной по спаю работает безотказно 5—6 лет, т е после растрескивания внутренние слои плотно прижимаются друг к другу и воздух внутрь колбы не проникает.

Какие причины приводят к появлению трещин по спаю? Прежде всего необходимо отметить, что общая нагрузка на оболочку 43ЛК2Б от атмосферного давления на нее превышает 2 000 *кгс*, в то время как противодействующая сила с внутренней стороны оболочки равна нулю. Однако действие этой нагрузки на разных участках колбы проявляется по-разному. Наиболее сильное влияние оказывают силы давления на место спая металлического конуса с экраном, потому что как конус, так и экран кинескопа в результате различного действия изгибающих моментов M_1 и M_2 (рис. 5) несколько прогнутся, а верхние слои их в месте спая растянутся.

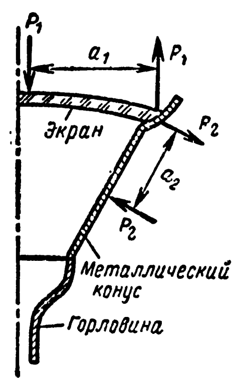


Рис. 5. Силы атмосферного давления, воздействующие на конус кинескопа 43ЛК2Б.

Изгибающие моменты будут иметь вид:

$$M_1 = a_1 P_1, \quad M_2 = a_2 P_2.$$

Наряду с растягивающими силами, которые действуют в спае в результате изгибающих моментов, созданных атмосферным давлением, при изготовлении оболочки в спае создаются силы сжатия. В тех случаях, когда растягивающие силы значительно превышают силы сжатия, спай трескается.

Очень часто процесс растрескивания ускоряется в результате посторонних механических воздействий при неправильном обращении с металлостеклянными кинескопами. Незначительные царапины, возникшие на стекле экрана при неаккуратной установке кинескопа в телевизор, или применение жесткого крепления кинескопа заметно ускоряют процесс появления трещин по спаю.

Дефект «трещины по спаю» чаще всего наблюдается в первые месяцы эксплуатации кинескопов. Однако не исключены случаи появления этого дефекта и после окончания гарантийного срока. В этот период наступает момент, когда стекло в месте спая не в состоянии больше выдержать непрерывно действующие силы растяжения и экран растрескивается.

Натекание воздуха в колбу

Натекание воздуха обычно обнаруживают по голубому или фиолетовому свечению в горловине кинескопа вследствие ионизации проникшего газа. Следует отличать этот дефект от плохого вакуума в кинескопе, хотя по своей природе они аналогичны.

Первое является следствием плохой герметичности оболочки, а второе — чаще всего результат внутренних выделений газа в кинескопе, плохой откачки его и т. п. Натекание воздуха выводит кинескоп из строя окончательно, в то время как при плохом вакууме он может не прекращать работу.

Проникание воздуха не появляется мгновенно, а растет с увеличением времени эксплуатации. Все кинескопы с ускоренным

процессом проникания бракуются непосредственно на заводе-изготовителе, так как все они подвергаются пятисуточной выдержке, после которой производится контроль вакуума. Таким образом, дефект натекания воздуха является результатом медленного проникновения воздуха, который невозможно обнаружить при контроле кинескопов на заводе, или же результатом микронатеканий, образовавшихся в процессе эксплуатации кинескопа.

Натекание воздуха через колбу цельностеклянных кинескопов в основном происходит ввиду трудности получения надежного спая металлического анодного ввода со сравнительно толстым стеклом колбы. В металлостеклянных кинескопах проникание воздуха в колбу происходит через металлический конус по незаметным для глаза микроскопическим каналам, а также из-за неплотностей в спаях конуса со стеклом экрана и горловины.

Натекание воздуха через штенгель, выводы электродов, сварочные швы происходит в основном из-за растрескивания стекла вследствие плохой термической обработки кинескопа или неправильного обращения с ним при эксплуатации и ремонте. На рис. 6 в увеличенном масштабе показаны каналы натекания воздуха в результате плохой приварки стекла. Одним из способов уменьшения числа возникновения дефектов в стеклянных деталях кинескопа является автоматизация процессов их обработки и изготовления.

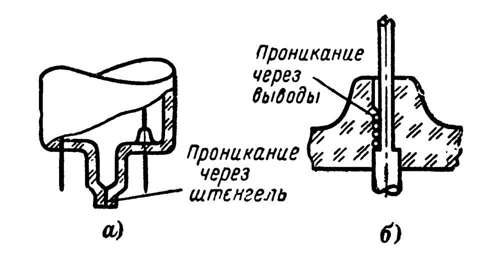


Рис. 6. Каналы проникания воздуха в кинескоп через неправильно заваренный штенгель.

а — через штенгель; *б* — через выводы.

В местах заварки и отпайки всегда имеются небольшие остаточные напряжения, возникающие в процессе термической обработки кинескопа. Кроме того, при эксплуатации кинескоп подвергается воздействию термических ударов при включении и выключении телевизора, которые усиливают напряжения в стекле. Этим объясняются случаи растрескивания штенгеля во время эксплуатации кинескопа. Однако наиболее часто этот дефект возникает во время ремонта телевизора: малейшие механические воздействия способствуют росту разжимающих усилий, и наступает разрушение стекла. Прежде всего это относится к кинескопам, не имеющим цоколя (47ЛК2Б, 59ЛК2Б, 65ЛК1Б).

Проникание воздуха через выводы происходит как по их поверхности, так и по внутренним каналам.

Последнее наступает тогда, когда платиновая проволока, из которой штампуют выводы, изготовлена из ферроникелевых стержней плохого качества с поверхностными или внутренними изъянами. Натекание по поверхности выводов может быть следствием недогрева стекла во время штамповки ножки, или растрескивания стекла ножки при выравнивании, или изгиба выходных штырьков.

Междуэлектродные замыкания

Междуэлектродные замыкания внутри кинескопов наблюдаются сравнительно редко. Если принять за 100% все отказы кинескопа, то замыкание внутри кинескопа занимает в среднем 6%. К общему выпуску кинескопов это число составляет 0,3%. В новых типах кинескопов (47ЛК2Б, 59ЛК2Б) размеры электронного прожектора уменьшены и поэтому междуэлектродные замыкания внутри них наступают чаще, составляя примерно 10—15% к общему числу выходов из строя.

Почти в 90% случаев происходят замыкания катода с подогревателем или катода с модулирующим электродом. Замыкания других электродов отмечаются очень редко и рассматриваться здесь не будут.

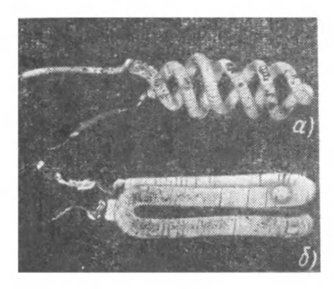


Рис. 7. Подогреватели катодов кинескопов 47ЛК2Б, 59ЛК2Б.

а — спирально - бифилярный с дефектами «осыпание» и «пробой»; *б* — спирально-петлевой с дефектами «растрескивание» и «пробой».

Исследования кинескопов, вышедших из строя по причине замыкания катода на подогреватель, показывают, что подавляющее большинство таких случаев является следствием ухудшения качества изоляционного покрытия подогревателя (алунда). Только в отдельных случаях можно обнаружить непосредственное соприкосновение катода и выводов подогревателя.

Алунд представляет собой окись алюминия с добавкой органического связующего вещества. Его наносят на подогреватель перед монтажом электронно-оптической системы. Алунд обладает хорошими изоляционными свойствами при высокой температуре и плавится только при 2 000° С. Толщина алундового покрытия равна примерно 80 *мкм*. Хорошее покрытие имеет обычно равномерный белый цвет по всей длине вольфрамовой биспирали подогревателя.

При рассматривании под микроскопом подогревателей, вынутых из вышедших из строя по причине замыкания катод — подогреватель кинескопов, можно обнаружить четыре основных вида нарушения алундового изоляционного покрытия: растрескивание и затем осыпание ввиду плохого качества покрытия или в результате применения жестких механических воздействий; пробой из-за старения или неправильной эксплуатации кинескопа; расплавление алунда в результате подачи на подогреватель повышенного напряжения накала.

На рис. 7 показаны характерные виды дефектов алундового покрытия. При осыпании алунда в зоне торца возрастает температура катода, что приводит к бурному испарению оксидного покрытия.

Рассматривая перечисленные дефекты алундового покрытия, являющиеся причинами замыкания катод — подогреватель, можно прийти к выводу, что алунд портится при перекале подогревателя, так как с ростом температуры прочность сцепления отдельных частиц алунда резко падает. Особенно опасны частые включения и выключения перекаленного подогревателя.

Работа катода с перекалом является главной причиной появления замыкания катода на модулирующий электрод, а также различного рода междуэлектродных утечек. Перекал катода способствует замыканию катод — модулятор двояко: с одной стороны, вероятность замыкания увеличивается в результате теплового расширения катода, а с другой стороны, из-за увеличения распыления катода, которое при перекале резко возрастает.

Замыкания катода на модулирующий электрод также часто возникают в кинескопах из-за малого расстояния между этими электродами. Среднее расстояние катода от модулирующего электрода равно 0,1—0,3 *мм*. При таких малых расстояниях всегда вероятны соприкосновения площадок оксидного покрытия катода с модулирующим электродом или попадание посторонних предметов между ними.

Замыкание катод — подогреватель резко ухудшает качество изображения телевизора («размазывается»), а замыкание катод—модулирующий электрод приводит к тому, что кинескоп становится неуправляемым. Между катодом и модулирующим электродом могут возникать токи утечки по причинам распыления катода и газопоглотителя, различного рода загрязнений и т. п. Однако токи катод — подогреватель в большинстве обусловлены ухудшением изоляции алунда. Кроме того, токи утечки катод — подогреватель могут образовываться в результате электронной эмиссии либо с подогревателя при наличии пористости алунда, либо с гильзы катода. Появление электронной эмиссии зависит от величины и полярности напряжения, приложенного между катодом и подогревателем. В этом случае катод и подогреватель можно рассматривать как вакуумный диод с прямым накалом. Учитывая изложенное, необходимо стремиться к тому, чтобы в рабочем режиме разность потенциалов между катодом и подогревателем была равна нулю.

Междуэлектродные пробои

В отличие от междуэлектродных замыканий пробои между электродами сопровождаются проскакиванием искры и звуковым щелчком. Электрический пробой в кинескопах возникает в основном за счет утечки зарядов высокого напряжения, которое подается на второй анод. Эти заряды чаще всего стекают по изоляторам, имеющим на своей поверхности различного рода загрязнения. Стеканию зарядов способствуют микроскопические острые выступы на поверхностях электродов. Поэтому на заводах кинескопы после откачки подвергают прожигу, при котором на их второй анод в течение 15 *мин* подается напряжение 30—50 *кв*, а остальные электроды соединяются с «землей». В процессе прожига происходит сглаживание (полировка) упомянутых микроскопических выступов. Очень большое значение имеет сила прожигающего тока. При больших токах может произойти образование кратеров в деталях электронно-оптической системы и они могут расплавиться. Поэтому необходимо иметь воз-

можность ограничивать ток источника, чтобы прожиг происходил сравнительно мягко.

В практике наиболее часто встречаются следующие пробои: пробой высокого напряжения на фокусирующий электрод и шасси телевизора. При нормальных условиях работы кинескопа, т. е. когда напряжения на электродах номинальны, температура оболочки и изоляторов не завышена, в толще стекла и на его поверхности нет загрязнений, пробоев не будет. Если какое-либо из указанных условий отклонится от нормы, в кинескопе наступит пробой. Особенно опасно повышение высокого напряжения. Следует отметить, что развитию пробоя по стеклянным изоляторам (штабикам) способствует наличие в последних воздушных пузырей. Практика показала, что сильное влияние на возникновение пробоя оказывает пленка бария, наплавленная на изоляторы при обработке катода или при распылении газопоглотителя.

Сравнительно часто пробой наступает в зоне отклоняющей системы из-за нагрева стекла горловины кинескопа неисправной отклоняющей системой. При этом высокое ускоряющее напряжение с аквадага через стекло горловины стекает на отклоняющую систему. Когда она работает нормально, нагрев горловины кинескопа незначителен. В случае наличия в отклоняющей системе междувиткового замыкания или при перегрузке ее катушек отдельные участки горловины будут перегреваться. С ростом температуры электропроводность стекла быстро увеличивается и появляется его электролиз, который заканчивается пробоем. Следует помнить, что повышение температуры стекла только на 50° С уменьшает его электрическое сопротивление в несколько раз. Междуэлектродные пробои очень опасны в полупроводниковых телевизорах, так как могут привести к выходу из строя транзисторов. Поэтому проблема повышения электрической прочности кинескопов очень актуальна.

Обрыв нити накала

Обрыв нити накала кинескопа — редкий дефект. По этой причине выходит из строя всего 0,1% всех работающих кинескопов.

Подогреватель может не накаливаться по следующим причинам: отсутствие контакта между выводными штырьками и гнездами панели; пережог подогревателя; обрыв как самого подогревателя, так и его выводов.

Пережог подогревателя происходит от перекаливания его или из-за плохого качества вольфрамовой проволоки. Обычно перегорают не покрытые алундом кончики. Причина перегорания заключается в том, что не покрытый алундом участок подогревателя имеет меньшую теплоемкость, чем покрытый, и поэтому нагревается быстрее. На более разогретом участке выделяется больше тепла. Это и приводит к перегреву кончиков подогревателя и гильзы катода. Поэтому усики подогревателя, проработавшего длительное время в кинескопе, всегда покрыты темным налетом металла гильзы. При повышении напряжения накала процесс перегрева в конечном результате приводит к пережогу подогревателя. Как правило, причиной пережога является подача на подогреватель повышенного напряжения при небрежной эксплуатации и ремонте.

Обрыв катода

Признаком обрыва катода, так же как и обрыва модулирующего электрода, прежде всего является отсутствие возможности регулировки яркости. Однако при обрыве модулирующего электрода яркость растра очень большая, а при обрыве катода — слабая. Кроме того, при таком дефекте на экране кинескопа наблюдаются темные вертикальные полосы.

Проверка кинескопов с рассматриваемым дефектом показывает, что обрывается в основном металлическая ленточка, соединяющая гильзу катода с его выводом. Наиболее часто эта ленточка разрывается в месте сварки с гильзой катода. В этом месте ленточка нагревается теплом подогревателя (подогреватель при $U_н = 6{,}3$ *в* нагревается до температуры 1 300—1 400° С) и протекающим током катода. Таким образом, в процессе работы кинескопа повышение температуры подогревателя или увеличение тока катода при работе кинескопа отрицательно влияет на прочность крепления ленточки.

Обрыву ленточки способствуют различного рода механические воздействия (тряска, удары), особенно тогда, когда кинескоп находится в рабочем состоянии, а также частые включения и выключения телевизора.

Трещины горловины

Этот дефект кинескопа очень редок. Он чаще всего наблюдается в области горловины вблизи цоколя кинескопа, где возникает круговая или продольная трещина. В большинстве случаев во время образования трещин в горловине в колбу проникает воздух и кинескоп выходит из строя. Только в редких случаях, когда трещина незначительная, натекание воздуха отсутствует.

Основной причиной возникновения трещин в горловине является наличие в ее стекле остаточных напряжений, которые возникли в процессе термической обработки кинескопа, а также воздействие температуры катода. Заметное влияние на появление этого дефекта оказывают механические усилия, например сжимающие силы цоколя, сжимающие силы магнита ионной ловушки и др Растрескиванию горловины также способствуют различного рода случайные царапины, посечки, мелкие трещины, которые довольно часто наносят во время ремонта телевизора. Практикой также установлено, что в кинескопах с ионными ловушками круговые трещины горловины образуются чаще всего при надевании на нее и вращении магнита ионной ловушки. Поэтому прежде чем надевать на горловину магнит ионной ловушки или другие корректирующие магниты, необходимо проверить, имеется ли на них мягкая прокладка.

Бой и самопроизвольный взрыв

Конечным результатом данных дефектов кинескопов могут быть не только материальные потери владельца, но и физические травмы. Телезритель должен всегда помнить, что некоторые кинескопы при определенных условиях взрываются. По статистическим данным наших заводов и иностранных фирм самопроизвольный взрыв бывает примерно у одного цельностеклянного кинескопа на одну тысячу эксплуатируемых. Металлостеклянные кинескопы практически не взры-

ваются. Цельностеклянные кинескопы крупных размеров с диагональю экрана 47, 59, 65 *см* в настоящее время снабжают устройствами, предохраняющими их от взрыва.

Основной силой, разрушающей оболочку кинескопа, является атмосферное давление, действующее на внешнюю поверхность оболочки, внутри которой имеется вакуум. Процесс взрыва кинескопа проходит очень быстро. Сначала кинескоп покрывается сетью трещин, после чего начинается разлет осколков, длящийся около 0,01 *сек*. Схематически действие разрушающих сил оболочки показано на рис. 8. Прочность оболочки из-за сложности ее конфигурации невелика. Кроме того, технологический процесс изготовления оболочек цельностеклянных кинескопов включает в себя целый комплекс термических операций (прессование, отжиг, сварка). После каждой операции в стекле остаются остаточные напряжения, избавиться от которых в процессе отжига массивных и в то же время сложных стеклянных изделий очень трудно. Даже при 100%-ной автоматизации технологических процессов нельзя добиться полного отсутствия остаточных напряжений.

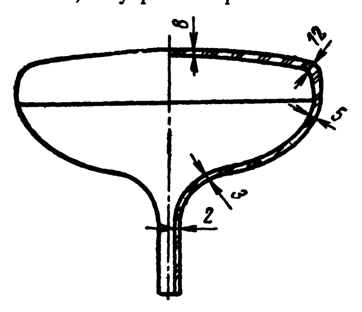


Рис. 8. Толщина различных участков цельностеклянной оболочки кинескопа с углом отклонения 110° С.

Важное значение для надежности оболочки имеет необходимая толщина ее стенок, что технологически обеспечить очень трудно. Применяемые в настоящее время методы контроля остаточных напряжений и геометрии оболочек не позволяют с достаточной точностью отбраковывать негодные. Поэтому не исключены случаи попадания в дальнейшее производство оболочек кинескопов с ослабленными зонами.

По статистическим данным 70% взрывов кинескопов происходят по причине недостаточной прочности борта экрана, а 30% — самого экрана. Следовательно, зона борта кинескопа, включая сварной шов, наиболее чувствительна к внешним воздействиям. Поэтому борт экрана оболочки кинескопа делают толще (рис. 8), чем другие участки колбы.

Существенное влияние на развитие разрушения оболочки оказывают внешние факторы (температура, влажность, атмосферное давление). Изменение температурных условий можно отнести к причинам разрушения. Результаты ряда наблюдений показывают, что большая часть взрывов случается в утренние часы, когда наиболее вероятно понижение комнатной температуры. Непрерывное действие атмосферного давления и влаги в процессе эксплуатации кинескопа ускоряют усталость стекла, т. е. прочность оболочки кинескопа с каждым годом падает. Она значительно снижается также при нанесении на ее поверхность царапин, сколов и других механических дефектов. Установлено, что царапины на поверхности оболочки в зоне максимально растягивающих напряжений уменьшают ее прочность приблизительно на 30%. Поэтому при смене кинескопа или ремонте телевизора при установке кинескопа на столе под экран

следует подкладывать мягкую подстилку. Долговечность оболочек в нормальных условиях практически бесконечна.

Порой трудно отличить, почему взорвался кинескоп: из-за производственного дефекта или неправильного обращения с ним. Механический удар по кинескопу в большинстве случаев заканчивается взрывом. Все зависит от того, в каком месте приложено механическое воздействие. Практикой установлено, что только в единственном случае, т. е. при разрушении горловины, кинескоп не взрывается. Во всех остальных случаях (удар по конусу, по борту, по экрану) оболочка взрывается.

Холодная эмиссия

Этот дефект кинескопа выражается в слабом свечении экрана при запертом кинескопе, т. е. при отсутствии электронного пучка. По техническим условиям допускается свечение экрана за счет холодной эмиссии яркостью не более 0,4 *нт*. Этот дефект практически не влияет на качество изображения, особенно если учесть, что с течением времени холодная эмиссия уменьшается. С физической точки зрения холодная или паразитная эмиссия возникает в результате действия сильного электростатического поля второго анода на другие элементы кинескопа, находящиеся под более низким напряжением. В результате этого происходит вырывание электронов из данных элементов несмотря на то, что они находятся в холодном состоянии. Источниками холодной эмиссии могут быть частицы люминофора, газопоглотителя, катода и другие загрязнения, попавшие в кинескоп. Возникновение паразитной эмиссии зависит также от конструкции электронно-оптической системы, качества полировки ее деталей, режима прожига и других технологических режимов обработки кинескопа.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КИНЕСКОПОВ

Общие сведения

Кинескопы и радиолампы относятся к слабонадежным элементам телевизора. На их долю приходится около 40% всех выходов телевизоров из строя. Наличие высоких напряжений на электродах кинескопов во время их эксплуатации, использование крошечной площади оксидного катода, сложность вакуумной обработки крупногабаритных электровакуумных приборов и т. п. создает специфические трудности в достижении длительной безотказной работы кинескопов. Успешная работа электровакуумных приборов прежде всего зависит от качества примененных в изделии материалов и полуфабрикатов, от технического уровня их обработки. Вопросы эксплуатации играют также важную роль, так как прибор самого высокого качества можно вывести из строя в результате нарушения режимов его работы.

При анализе долговечности кинескопов в основном пользуются двумя понятиями: гарантированная долговечность и средняя фактическая долговечность. Вторая всегда выше. Если гарантированная долговечность равна 3 000 *ч*, то средняя фактическая достигает 5 000—7 000 *ч*.

Гарантированную долговечность всегда обусловливают годностью, или, иными словами, вероятностью исправной работы (P). Это один из основных показателей надежности. Величина P зависит прежде всего от конструктивных особенностей кинескопов и установленного гарантийного срока. Но не менее важное значение имеет в данном случае технический уровень производства приборов, куда входит стабильность технологического процесса и качества материалов, вакуумная гигиена, квалификация кадров и т. п. Перечислить все факторы, которые влияют на срок службы кинескопов как в процессе их изготовления, так и в процессе эксплуатации, невозможно ввиду того, что их очень много.

Другой характеристикой эксплуатационной надежности является интенсивность отказов (выходов из строя), или, как еще называют этот параметр, лямбда-характеристика (λ-характеристика). Значение интенсивности отказов кинескопов колеблется в пределах $1 \cdot 10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-6}$ $1/ч$. На рис. 9 показаны кривые интенсивности отказов кинескопов с размером экрана 43 и 47 *см*.

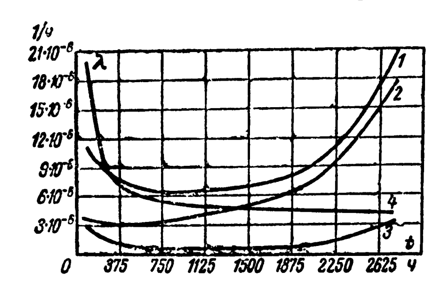


Рис. 9. Кривые интенсивности отказов кинескопов с размером экрана 43 и 47 *см*.

1 — общая кривая (47 *см*); *2* — отказы из-за потери эмиссии (47 *см*); *3* — отказы из-за проникания воздуха (47 *см*); *4* — отказы из-за растрескивания стеклянного экрана в местах спая с металлическим конусом (43 *см*).

Долговечность электровакуумных приборов главным образом зависит от срока службы их катодов. В свою очередь на продолжительность работы оксидного катода влияют его температура и активность, а также качество вакуума в приборе. В последующих разделах главы рассматривается действие этих факторов на работу катода.

Качество вакуума

Качество вакуума, выражающееся в давлении остаточных газов внутри кинескопа, играет немаловажную роль в интенсивности отказов. Стабилизировать вакуум кинескопа очень трудно. В природе не существует материалов, обладающих абсолютной вакуумной плотностью. Любой материал не только пропускает сквозь себя газы, но и сам способен при определенных условиях выделять в разреженное пространство растворенные в нем газы. Микроскопические проникания газов через стекло или через металл могут появиться в любой период эксплуатации кинескопа. Стабильность поддержания вакуума во многом зависит от качества газопоглотителя, который вводится внутрь кинескопа еще до начала откачки воздуха. Его задача заключается в поддержании вакуума в кинескопе с течением времени. После откачки газопоглотитель распыляется в виде зеркала на внутреннюю поверхность колбы. Однако газопоглотитель не

всегда в состоянии справиться со своей задачей. В тех случаях, когда газовыделения или микроскопические проникания превышают его поглотительную способность, вакуум в кинескопе начинает постепенно ухудшаться. Ухудшение вакуума нарушает равновесие окислительно-восстановительных процессов работы катода, в результате чего он разрушается. Кроме того, при ухудшении вакуума возрастает вероятность столкновения электронного пучка с молекулами остаточных газов, что приводит к интенсивному образованию ионов. При этом могут образоваться как положительные, так и отрицательные ионы. Отрицательные ионы притягиваются имеющим высокий положительный потенциал вторым анодом, а положительные отталкиваются в зону более низкого потенциала, т. е. к катоду. Попадая на катод, эти ионы разрушают его оксидное покрытие.

Для долговечности кинескопа важное значение имеет состав остаточных газов. Часто бывают случаи, что кинескоп выходит из строя через короткое время, хотя вакуум в нем хороший. Причина этого заключается в том, что в числе остаточных газов преобладают такие, которые вредны для катода. Состав остаточных газов зависит от многих факторов. Сюда относится качество применяемых материалов и полуфабрикатов, соблюдение технологических процессов обработки кинескопов, вакуумная гигиена их производства и др. Основными остаточными газами кинескопа являются. азот (N_2), окись углерода (CO), углекислый газ (CO_2), аргон (Ar), метан (CH_4), водород (H_2), гелий (He), водяные пары. После откачки и отпайки кинескопа газовая среда обычно очень сильно насыщена углеводородными соединениями, имеются также азот, окись углерода, аргон, гелий, водород и водяные пары. После распыления газопоглотителя состав газов изменяется: уменьшается количество углеродных соединений, азота, гелия и повышается количество метана и водорода. Очень быстрое поглощение газов, особенно метана, происходит при тренировке катода и включении развертки луча из-за ускорения химических реакций в среде газов, ионизированных электронным лучом. Незначительные изменения в эту среду вносят бомбардировка экрана электронным лучом и включение в работу катода.

По действию на оксидный катод остаточные газы можно разбить на следующие группы: отравляющие катод — кислород, окись углерода, углекислый газ, водяные пары; восстанавливающие катод — водород, метан, окись углерода; нейтральные — азот, гелий, аргон. Окись углерода присутствует в двух группах, так как ее действие на катод зависит от состояния его. Если катод недотренирован и активность его слаба, то окись углерода способствует повышению активности, и наоборот.

Температура катода

Правильный выбор рабочей температуры катода имеет важное значение для надежной и долговечной работы кинескопов. Теоретически и практически установлено, что применяемый в настоящее время оксидный катод при оптимальных условиях в состоянии проработать более 25 000 *ч*. Но на жизнедеятельность его, кроме температуры, влияет состояние вакуума кинескопа. Оба эти фактора могут развиваться независимо друг от друга, однако воздействия их на качество катода взаимосвязаны. Известно, что оксидный катод долго работает, если он недокален и в кинескопе хороший вакуум, наобо-

рот, катод следует перекаливать, когда в кинескопе плохой вакуум. Ошибочным надо считать мнение, утверждающее, что чем выше вакуум, тем дольше служит катод. Кинескоп с вакуумом $1 \cdot 10^{-9} \div 1 \cdot 10^{-10}$ *мм рт. ст.* и температурой катода 800—860° С проработает очень мало времени. Внутри кинескопа всегда должно находиться определенное количество остаточных газов для восстановления бария из его окиси. Иными словами, нужно соблюдать динамическое равновесие между окислительными и восстановительными процессами катода.

Подсчитать оптимальную рабочую температуру катода при конструировании кинескопа очень трудно, так как заранее невозможно предусмотреть среднее значение вакуума кинескопов. Поэтому рассчитанная рабочая температура катода может оказаться неоптимальной. Эта задача обычно решается экспериментально, т. е. испытанием готовых изделий на долговечность в одних и тех же условиях, но при различной рабочей температуре катода. Иногда допускают ошибку, определяя температуру катода косвенно по напряжению накала кинескопа. При одном и том же напряжении накала в различных кинескопах температура катода может колебаться за счет разброса параметров подогревателя и катодного узла в пределах ±50° С. Из этого следует, что необходимо измерять температуру катода непосредственно, с помощью микропирометра или термопары.

В последнее время в связи с повышением вакуума в кинескопах появилась тенденция к понижению рабочей температуры катода. Это безусловно приведет к удлинению срока службы кинескопов.

Активность катода

Физические процессы старения катода при его эксплуатации в электроннолучевых трубках и, в частности, в кинескопах — один из наиболее сложных вопросов электровакуумной техники. Долговечность кинескопов можно определить по параметрам «модуляция» (крутизна модуляционной характеристики) и «яркость свечения экрана», имеющимся в технических условиях. Если учесть, что по причине старения люминофора в кинескопах яркость свечения экрана падает очень незначительно (в течение гарантийного срока не более чем на 10%), то параметр «модуляция» должен безошибочно характеризовать долговечность прибора. Однако, как показывает анализ срока службы кинескопов, этот параметр не может быть принят для определения их долговечности по нескольким причинам. Во-первых, модуляцию контролируют при небольших токах катода (100—300 *мка*), которые можно получить с незначительного участка его, так что проверке подвергается лишь некоторая небольшая часть рабочей поверхности катода. Во-вторых, модуляция находится в функциональной зависимости от запирающих напряжений и при высоких значениях их (—80 ÷ 90 *в*) независимо от качества катода выходит за пределы допускаемых техническими условиями норм. Кроме того, при измерении модуляции контролируется лишь небольшой участок модуляционной характеристики, поэтому не исключаются случаи попадания к потребителю кинескопов с ненормальными модуляционными характеристиками.

Сейчас для оценки активности катода кинескопов используются новые методы, например измерение коэффициента качества катода, визуальный просмотр электронного изображения его и др.

Коэффициент качества катода q практически остается постоянным для различных запирающих напряжений, что наглядно доказывает его преимущество перед модуляцией при оценке качества катода. Этот коэффициент выражается следующей формулой:

$$q = \frac{I_{\text{л.макс}}}{U_{з}^{3/2}},$$

где $I_{\text{л.макс}}$ — максимальный ток луча кинескопа (при $U_{м}=0$), *мка*; $U_{з}$ — запирающее напряжение, *в*.

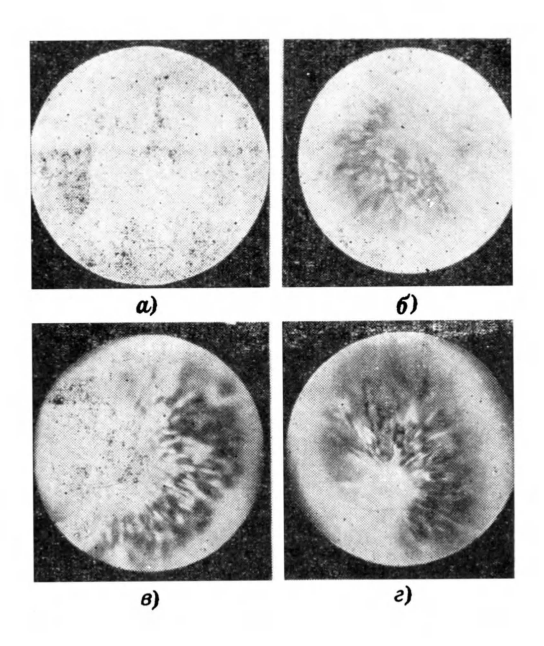


Рис. 10. Изменение поверхности катода кинескопа после эксплуатации в течение 0 *ч* (а), 1 000 *ч* (*б*), 2 000 (*в*), 3 000 *ч* (*г*).

Изменение коэффициента качества катода в течение эксплуатации кинескопа может иметь самый различный характер. Приблизительно катоды кинескопов по данному параметру можно разбить на три категории:

1. Нормальные катоды, для которых характерна стабильность коэффициента в начале эксплуатации.

2. Недотренированные катоды, в которых коэффициент качества в начале эксплуатации возрастает.

3. «Слабые» катоды, активность которых в начале эксплуатации интенсивно падает.

Практика показала, что определение активности катода только при помощи коэффициента q недостаточно, потому что имеются отдельные кинескопы с хорошим начальным q, но с явно плохим состоянием поверхности катода. С физической точки зрения это объясняется так. При растрескивании оксидного покрытия или его осыпании максимальный ток луча создается не только поверхностью катода, но и образовавшимися порами, и в конечном итоге величина тока луча будет большой. С течением времени работы такой катод быстро изнашивается. Поэтому кроме измерения q для определения качества катода нужно просматривать визуально его электронное изображение на экране кинескопа.

Характер изменения поверхности катода с течением времени работы кинескопа показан на рис. 10. При любом дефекте катода на его электронном изображении будут наблюдаться темные участки. Необходимо учитывать, что не все такие участки губительны для катода. Например, такие дефекты, как постороннее напыление, грязь при работе кинескопа в результате действия высокой температуры, могут испариться, исчезнуть и этот участок станет рабочим (белым). При осыпании оксида, растрескивании, локальном испарении его нерабочие участки не исчезают, а наоборот, увеличиваются. В связи с этим вопрос о годности катода может быть решен только после тщательного изучения дефектов, видных на электронном изображении.

Необходимо отметить, что по электронному изображению катода можно судить не только о его качестве, но также высказать ориентировочное мнение о причинах появления «болезни» катода.

Старение люминофоров

Слой люминофора, которым покрыт экран черно-белых кинескопов, состоит из смеси двух сульфидных люминофоров: сульфида цинка, активированного серебром, светящегося синим цветом, и цинкокадмиевого сульфида, активированного серебром, светящегося желтым цветом. Смешивая эти два люминофора, можно получить цвет свечения, достаточно близкий к белому.

Физически свечение люминофора можно объяснить следующим образом: электроны его атомов при бомбардировке электронным лучом возбуждаются, но быстро возвращаются в свое нормальное состояние, причем избыток энергии, которую они приобрели в результате возбуждения электронами луча, частично выделяется в виде светового излучения. Из всей энергии электронного луча на возбуждение люминофора используется менее 10%, остальные 90% рассеиваются на экране в виде тепла. С течением времени работы кинескопа люминофор «стареет» и чувствительность его атомов к воздействию электронного луча падает. В конечном результате это приводит к уменьшению светоотдачи люминофора.

Применяемые в настоящее время люминофоры в благоприятных условиях, т. е. при хорошем вакууме в кинескопе, правильном режиме его эксплуатации и т. п., могут безукоризненно служить более 10 000 *ч.*

Состояние вакуума в кинескопе в основном определяет долговечность люминофора. При движении электронного луча возможны столкновения его электронов с атомами остаточных газов, что приводит к образованию ионов. Наиболее опасны отрицательные ионы, образовавшиеся в зоне катода, так как они под влиянием положительного потенциала второго анода разгоняются до большой скорости и, ударяясь о люминофор, разрушают его. Так как ионы обладают массой, в 1 840 раз большей, чем у электронов, они почти не отклоняются магнитным полем отклоняющей системы. В результате ионной бомбардировки в центре экрана кинескопа с течением времени образуется темное пятно, которое называют «ионным». На рис. 11 представлена фотография экрана кинескопа 43ЛК2Б с таким пятном. Наряду с отрицательными ионами люминофор разрушают также и положительные ионы. Во время работы кинескопа большинство положительных ионов направляется в сторону катода. Однако в тех случаях, когда потенциал экрана ниже потенциала второго анода, положительные ионы могут попадать на люминофор и разрушать его.

Появление ионного пятна присуще только кинескопам с неалюминированными экранами и зависит от величины потенциала второго анода, от толщины люминофора и др. Положительных ионов образуется больше, чем отрицательных, и потемнение экрана от воздействия их происходит очень быстро. Образованию ионов в области экрана способствуют также вторичные электроны, выбиваемые с него электронным лучом. Скорость этих электронов такова, что ионизация ими остаточных газов весьма вероятна. Характер выгорания люминофора для различных типов кинескопов различный. На рис. 11 кроме центрального ионного пятна видно также выгорание краев экрана в результате воздействия положительных ионов. В кинескопах с алюминированным экраном образование ионного пятна и выгорание люминофора менее вероятно. Алюминиевая пленка надежно защищает люминофор от попадания ионов и выравнивает потенциалы экрана и второго анода. Это исключает возможность попадания на экран положительных ионов.

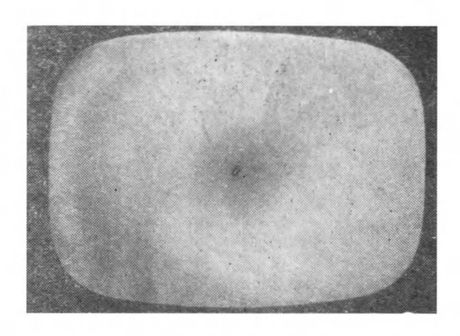


Рис. 11. Экран кинескопа 43ЛК2Б с ионным пятном в центре и выгоранием люминофора по краям.

Практикой установлено, что выгорание люминофора происходит намного быстрее при работе катода с перекалом. Это явление достаточно не изучено, однако можно предположить, что при перекале, когда катод бурно испаряется, увеличивается вероятность попадания испарившихся микроскопических частиц на экран. Попадая на него, они образуют пленочное покрытие, которое снижает чувствительность люминофора.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КИНЕСКОПОВ

Надежность и долговечность кинескопов зависит от множества различных факторов, которые могут влиять на кинескопы во время его эксплуатации либо каждый отдельно, либо несколько вместе. Эти факторы разделяются на технические, организационные и экономические.

В этой главе будут рассмотрены только технические факторы, т. е. речь будет идти о режимах работы кинескопов в телевизоре.

Наиболее ощутимое влияние на долговечность кинескопов оказывают колебания напряжения сети, питающей телевизоры. Очень часто они достигают ±20%, а в отдельных районах СССР даже ±30%. С изменением напряжения сети соответственно будет меняться электрический режим работы кинескопа. Рассмотрим более подробно, что происходит при этом.

Напряжение накала кинескопа

Известно, что напряжение накала увеличивается пропорционально повышению напряжения сети и соответственно растет температура катода. При понижении напряжения сети явления будут обратными. Но температура катода меняется не только при колебаниях напряжения сети, но и ввиду разброса параметров самого катодно-подогревательного узла. Усилению колебаний температуры катода будет способствовать также разброс данных обмотки накала кинескопа силовых трансформаторов телевизоров. По этой причине напряжение накала в отдельных телевизорах превышает предельно допустимое (7 *в*).

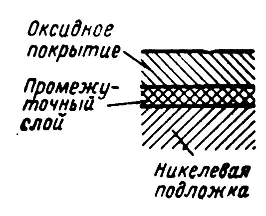


Рис. 12. Схематический разрез устройства катода.

Только у малого количества работающих кинескопов катод имеет ненормальную температуру. Какой процент этих кинескопов выйдет из строя до истечения гарантийного срока, сказать трудно, но отказы, по-видимому, будут иметь место даже при самых хороших начальных параметрах кинескопов. Необходимо отметить, что для некоторых типов кинескопов практикуется применение переменного режима питания подогревателя.

Практика показала, что если начать эксплуатацию кинескопов, подавая на него напряжение накала 5,7—6,0 *в*, и с течением времени постепенно повышать его, то кинескоп будет работать дольше. Плавное повышение напряжения накала во время эксплуатации благоприятно сказывается на сроке службы кинескопа по двум основным причинам: понижается испарение активных элементов оксида и замедляется рост сопротивления промежуточного слоя.

Промежуточный слой, который образуется между оксидной поверхностью катода и ее металлической подложкой (рис. 12), очень сильно растет с повышением температуры катода и особенно после первых 1 000 *ч* эксплуатации кинескопа. Этот слой в работающем кинескопе образуют химические соединения элементов оксидной поверхности и подложки. Наличие промежуточного слоя в катоде ки-

нескопа мешает протеканию тока через него и обедняет катод активными элементами. Наиболее опасным является образование соли ортосиликата бария (Ba_2SiO_4), почти не разлагающейся при рабочей температуре катода. Следует также отметить, что на рост сопротивления промежуточного слоя влияет величина катодного тока. При ее повышении рост сопротивления слоя будет замедляться. Катоды электроннолучевых приборов с малыми площадями и работающие при небольших токах особенно склонны к росту сопротивления промежуточного слоя. Наличие этого сопротивления приводит к спаду крутизны модуляционной характеристики. Измерения показывают, что при сопротивлении промежуточного слоя 4 000—5 000 *ом* крутизна модуляционной характеристики падает на 10—20%.

Напряжение второго анода

Большинство телевизоров эксплуатируется при пониженном напряжении второго анода (11—14 *кв*, а иногда даже 8—10 *кв*), когда питающая сеть перегружена. Особенно это наблюдается у тех телевизоров, которые подключены к сети непосредственно, а не через стабилизатор. Кроме того, некоторые заводы — изготовители телевизоров намеренно уменьшают высокое напряжение для создания облегченного режима выходной лампы строчной развертки. Но при напряжении второго анода 8—10 *кв* яркость свечения экрана падает до 50% (рис. 13), и телезритель, пытаясь сохранить прежний уровень свечения, компенсирует эту потерю, увеличивая ток катода. При напряжении второго анода, равном 14 *кв*, рабочий ток луча находится в пределах 30—50 *мка*. Чтобы сохранить нормальное свечение экрана при напряжении 8—10 *кв*, придется увеличить ток луча в 5—10 раз, что приведет к резкому сокращению срока службы оксидного катода. Кроме того, работа кинескопа при повышенном токе луча вызывает другие нежелательные явления, например размазывание изображения, потемнение люминофора и т. д. В кинескопах с алюминированным экраном уменьшение яркости свечения экрана при снижении напряжения второго анода более заметно, так как в них часть энергии электронов расходуется на преодоление алюминиевой пленки и при малых напряжениях второго анода эффективность действия электронного луча падает.

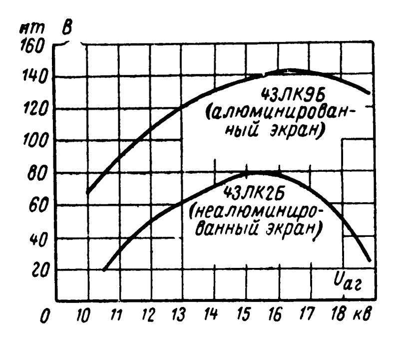


Рис. 13. Кривые зависимости яркости свечения экрана от высокого напряжения ($I_л = 75$ *мка* = const).

Кроме того, в алюминированных кинескопах при снижении напряжения второго анода свечение экрана может быть неравномерным и отдельные участки экрана, чаще всего в центре, будут затемнены. Причина этого явления состоит в том, что при малых напряжениях второго анода на яркость свечения экрана более действует разброс толщины алюминиевой пленки и пленки газопоглотителя.

Напряжение катод — модулирующий электрод

По техническим условиям разброс запирающего напряжения кинескопов допускается в пределах —30 ÷ —80 *в*. Если новый кинескоп имеет напряжение —60 *в*, то, чтобы немного приоткрыть его, нужно уменьшить напряжение между катодом и модулирующим электродом до —30 ÷ —40 *в*. Чем дольше кинескоп находится в эксплуатации, тем сильнее истощается катод, и для получения необходимого свечения экрана кинескопа нужно еще больше уменьшать это напряжение. Применяемая в настоящее время в новых телевизорах автоматическая регулировка яркости изображения обеспечивает полное открывание кинескопа в случае частичного истощения катода. Но в телевизорах старой конструкции автоматическая регулировка отсутствует, а ручная не позволяет получить такое напряжение между катодом и модулирующим электродом, какое необходимо, чтобы полностью открыть кинескоп. В конечном итоге это приводит к тому, что кинескопы с достаточно хорошими для дальнейшей эксплуатации параметрами бракуются по причине потери яркости. Следует отметить, что опытные радиолюбители устраняют этот недостаток, подбирая резисторы делителя в цепи регулировки яркости.

Напряжение ускоряющего и фокусирующего электродов

Номинальное значение напряжения на ускоряющем электроде для кинескопов типа 43ЛК2Б, 43ЛК9Б, 35ЛК2Б и др. должно равняться +300 *в*, а колебания этого напряжения допускаются в пределах 250—450 *в*. При более низком или высоком напряжении ускоряющего электрода кинескоп, казалось бы, работает нормально, но в действительности качество его работы при этом ухудшается и срок службы падает, так как от напряжения на ускоряющем электроде зависят другие параметры кинескопа (запирающее напряжение, модуляция и пр.). При уменьшении напряжения на ускоряющем электроде величина запирающего напряжения падает и, наоборот, при увеличении $U_{уск}$ запирающее напряжение возрастает, иначе говоря, при изменениях $U_{уск}$ модуляционная характеристика кинескопа сдвигается вправо или влево и крутизна ее изменяется. Значительные колебания $U_{уск}$ могут вывести кинескоп из границ запирания —30 ÷ —90 *в*, и он будет работать в полузакрытом или в открытом режиме. В первом случае долговечность кинескопа будет укорочена из-за того, что катод используется не полностью, а во втором — за счет форсированного режима работы кинескопа. Иными словами, ручкой «регулировка яркости» нельзя будет установить нужный рабочий ток луча, так как эта цепь рассчитана для регулировки напряжения на модулирующем электроде при нормальных условиях работы кинескопа.

Кроме того, при понижении напряжения на ускоряющем электроде ухудшается качество фокусировки кинескопа

Напряжение на фокусирующем электроде кинескопов 43ЛК2Б, 43ЛК3Б, 43ЛК9Б, 35ЛК2Б может колебаться от —100 до +425 *в*, а у кинескопов 47ЛК2Б и 59ЛК2Б — от 0 до 400 *в*. При налаживании телевизора на заводе или замене кинескопа это напряжение подбирают точно по наилучшей фокусировке изображения, регули-

руя ручкой «фокусировка», установленной в некоторых телевизорах. Но в большинстве их эта ручка отсутствует, а предусмотрена лишь ступенчатая регулировка. В телевизорах с такой фокусировкой нельзя подобрать оптимальное значение фокусирующего напряжения в том случае, если фокусировка ухудшилась ввиду падения активности катода. В этом случае владелец телевизора, заметив, что четкость изображения упала из-за расфокусировки, может потребовать замены совершенно годного кинескопа, в то время как дефект можно исправить, установив в телевизоре потенциометр для плавной регулировки фокусирующего напряжения.

Магниты ионных ловушек

В СССР имеется свыше 16 млн. телевизоров, в которых работают кинескопы с ионными ловушками, установленными для устранения возникания на экране ионного пятна. В таких кинескопах часть электронного прожектора изогнута под углом к оси горловины (рис. 14). Примерно в месте изгиба прожектора на горловину надет

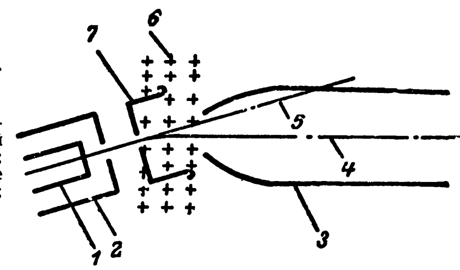


Рис. 14. Ионная ловушка.

1 — катод; *2* — модулирующий электрод; *3* — второй анод; *4* — электронный луч; *5* — ионный поток; *6* — поле магнита ионной ловушки; *7* — ускоряющий электрод.

постоянный магнит, поле которого отклоняет электронный луч так, что он начинает двигаться по оси кинескопа. В то же время поток ионов, масса которых значительно больше массы электронов, практически не отклоняется полем магнита и попадает на стенки анода. Неправильный подбор магнита ионной ловушки или неточное расположение его на горловине могут привести к ухудшению разрешающей способности кинескопа или уменьшению яркости свечения или к полному погашению экрана ввиду срезания электронного луча чашками анода. В результате срезания электронного пучка чашками анода электронно-оптическая система будет нагреваться выше нормальной температуры, ее газовыделения ускорят отравление катода и создадутся условия для форсированного режима его работы. Иногда вследствие срезания электронного луча даже плавится диафрагма анода. Плохо также, когда напряженность магнитного поля магнита ионной ловушки в плоскости, перпендикулярной электронному пучку, неоднородна. Это приводит к нарушению качества фокусировки изображения.

Из рассказанного ясно, какое значение имеет правильное положение магнита ионной ловушки на горловине кинескопа. Поэтому регулировать магнит нужно очень аккуратно, передвигая его по горловине кинескопа не более чем на 2—3 *мм* и поворачивая по ней на 360° после каждого передвижения. Когда на экране появится

растр, нужно уменьшить его яркость до минимума и далее регулировать магнит. При изменении режима работы кинескопа положение магнита приходится корректировать.

Разброс напряженности поля магнитов ионных ловушек отрицательно влияет на параметры кинескопа, зависит от технологии намагничивания и от материала магнита и его формы. Весьма существенное значение имеет разброс активной части магнитного поля, т. е. того поля, которое принимает участие в отклонении электронного пучка.

От величины напряженности поля зависит положение магнита ионной ловушки на горловине кинескопа. Магниты с повышенной напряженностью дают наилучшие результаты при расстоянии их от цоколя кинескопа 12—17 *мм*, магниты с пониженной напряженностью — при расстоянии 30—35 *мм*, а с нормальной напряженностью — при расстоянии 25 *мм*. Установка магнита в зоне модулирующего электрода нежелательна, так как в этом случае усиливается астигматизм.

Центрирующие магниты

Эти магниты предназначены для центровки (кадрирования) изображения на экране кинескопа, т. е. для установки изображения в симметричное положение относительно краев экрана, они изготовляются из сплава железа с никелем и алюминием. В последнее время широкое применение получили центрирующие магниты, изготовленные из ферропластика.

Неправильный подбор центрирующих магнитов также влияет на долговечность и надежность кинескопа. Оптимальная напряженность поля этих магнитов для большинства кинескопов равна 10 *э*.

Главным недостатком, связанным с применением центрирующих магнитов, является изменение размеров электронного пятна на экране кинескопа от влияния их магнитного поля, особенно при больших значениях напряженности. Эффективные размеры пятна должны быть по возможности ближе к теоретическим размерам элемента телевизионного разложения. Однако в реальных условиях добиться этого очень трудно. Пятно редко имеет круглую форму. В большинстве случаев оно представляет собой линейный эллипс, «комету»

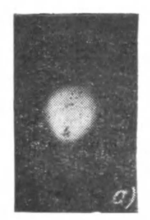




Рис. 15. Искажения пятна, создаваемого электронным лучом на экране кинескопа при различных значениях напряженности поля центрирующих магнитов.
а — 10 *э*; *б* — 20 *э*.

и др. Такие искажения формы объясняются многими причинами: большим скоплением электронов на сравнительно небольшой площади, аберрацией, воздействием магнитных полей и т. п. На рис. 15 показано, как искажается форма электронного пятна при повышении

напряженности поля центрирующих магнитов вдвое (размер пятна на фотографии увеличен относительно натуральной величины на экране в пять раз).

Старение магнитов

Параметры постоянных магнитов, применяемых для ионных ловушек, с течением времени могут ухудшиться как вследствие внутренних структурных изменений самого магнита, так и воздействия внешних факторов. Эти постоянные магниты изготовляют из магнитнотвердых материалов, в частности из различных сплавов типа «АЛНИ», структура которых неравномерна и характеризуется большими внутренними напряжениями. По прошествии некоторого времени происходит перераспределение напряжений и выравнивание структуры, которая становится более равномерной. Последнее приводит к изменению магнитных свойств сплава, главным образом к снижению его коэрцитивной силы, т. е. к старению магнита. Ухудшение параметров магнитов при старении незначительно, однако его необходимо учитывать. К внешним факторам, ухудшающим параметры магнитов, относятся: температура, механические удары, внешнее магнитное поле. Этим воздействиям подвергаются как магниты ионных ловушек, так и центрирующие магниты.

Для стабилизации параметров магнитов во времени важное значение имеет технологический процесс их изготовления. К операциям, которые способствуют стабилизации параметров постоянных магнитов, следует отнести некоторое размагничивание последних в переменном магнитном поле, а также термическую обработку, заключающуюся в выдержке магнитов при температуре 100° С (кипячение в воде) в течение часа.

При применении указанных процессов стабилизации можно считать, что магниты из сплава АЛНИ-2 и АЛНИ-3 в результате старения могут ухудшить свои параметры через 5 лет не более чем на 4%.

Климатические факторы

Наиболее ощутимо влияют на долговечность кинескопов окружающие температура, влажность, атмосферное давление. В нормальных климатических условиях температура оболочки кинескопа при его работе достигает в среднем 35—45° С. Отдельные места кинескопа, например горловина оболочки, нагреваются до более высокой температуры (75—80° С), а модулирующий электрод электронно-оптической системы — до 450° С вследствие нагрева его раскаленным катодом. Однако так нагревается кинескоп не всегда. Его нагрев зависит от расположения отдельных узлов телевизора и от температуры среды, которая окружает его. Максимальный нагрев оболочки кинескопа наблюдается в зонах катода и отклоняющей системы.

Таким образом, сам телевизор создает сравнительно жесткие температурные условия для работы кинескопа. Повышение температуры окружающей среды повышает температуру его оболочки, катода и др. Казалось бы, что увеличение температуры оболочки кинескопа и других его элементов на несколько градусов при повышении температуры окружающей среды не должно оказывать существенного влияния на срок службы кинескопа. Однако это не так.

С ростом температуры оболочки падает ее механическая прочность, что может привести к самопроизвольному взрыву кинескопа, растет температура катода, что резко сокращает срок его службы: создаются условия для электролиза стекла, который заканчивается его пробоем.

Однако главное отрицательное воздействие на долговечность кинескопа в результате повышения его температуры оказывают, безусловно, газовыделения оболочки. В процессе вакуумной обработки кинескопа (откачки) невозможно полностью обезгазить оболочку кинескопа даже при самой тщательной ее обработке; повторное нагревание колбы всегда связано с бурным газовыделением, что приводит к отравлению катода. Поэтому телевизор должен эксплуатироваться при нормальной окружающей температуре. Иногда владельцы телевизоров пренебрегают этим и устанавливают телевизоры возле отопительных батарей или других нагревательных элементов, чем нарушают элементарные правила эксплуатации телевизоров. При пониженной окружающей температуре телевизоры эксплуатируют очень редко. С понижением температуры вакуум в кинескопе возрастает, а температура катода понижается, т. е. создаются условия для повышения срока службы кинескопа.

Плохо также, когда телевизор работает в условиях повышенной влажности. Это не имеет существенного влияния на протекание физических процессов внутри кинескопа, однако все-таки его работа может нарушиться из-за пробоев и междуэлектродных утечек, особенно по высоковольтным выводам. Кроме того, наличие влаги приводит к окислению металлических вводов кинескопа, что в конечном результате может вызвать нарушения контакта, а также прочности закрепления металлических вводов в стекле и даже микроскопические проникновения воздуха.

Хранение кинескопов

Очень часто по различным причинам кинескопы долго хранят на складах, в магазинах и т. п. Как же влияет хранение на их параметры? Если оно непродолжительное, например неделя или месяц, и условия хранения соответствуют требованиям для электровакуумных приборов, то отрицательное воздействие в этом небольшом промежутке времени очень невелико и им можно пренебречь. При длительном хранении качество вакуума кинескопов может ухудшиться вследствие медленного проникания воздуха сквозь оболочку и газовыделения внутри кинескопа. При этом часть газопоглотителя бесполезно расходуется в процессе хранения кинескопа, что может быть причиной преждевременного выхода его из строя.

Несмотря на то, что во время хранения катод холодный и химические реакции отравления его протекают медленно, действие этих процессов может быть ощутимым. В районах с тропическим климатом отравление будет ускоряться. Кроме ускорения отравления катода с повышением окружающей температуры возрастает газовыделение оболочки кинескопа. Кроме того, повышению давления остаточных газов в кинескопе способствует проникание сквозь стекло оболочки гелия из воздуха. Для металлостеклянных кинескопов возможно проникновение водорода (через металл) и гелия (через стекло). Однако главной причиной понижения вакуума во время хранения являются поры в оболочке и ее элементах, которые невозможно обнаружить при производстве кинескопов.

ГЛАВА ПЯТАЯ

КОНТРОЛЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КИНЕСКОПОВ

Контроль качества кинескопов на заводах сводится к проверке их параметров на сложном испытательном оборудовании. Телеателье и радиолюбители вынуждены применять более простые способы проверки. В этой главе будут даны указания, как правильно проверить в радиолюбительских условиях параметры кинескопа, определяющие его надежность, и восстановить кинескоп, вышедший из строя.

Определение простейших неисправностей

Определять простейшие неисправности кинескопа следует, не вынимая его из телевизора. При такой проверке значительно уменьшается вероятность механического повреждения кинескопа.

Приступая к проверке кинескопа, прежде всего необходимо убедиться в отсутствии обрыва его выводов, замыкания электродов и т. п. Эти неисправности не всегда удается определить по ухудшению изображения. Поэтому сначала детально осматривают монтаж и выводы электронно-оптической системы. Возможно, что обрывы или замыкания электродов будут видны непосредственно. Затем нужно обратить внимание на места впайки выводов электродов в стекло, чтобы установить, нет ли там напыления металла с катода. Напыление может быть причиной образования проводящих мостиков между выводами.

Немного труднее определить замыкания катод — подогреватель и катод — модулирующий электрод, так как они могут возникнуть после прогрева катода. Чтобы убедиться в замыкании, например катод — подогреватель, необходимо измерить сопротивление между ними с помощью омметра сейчас же после выключения телевизора. Оно не должно быть ниже 100 *ком*. Если нет омметра, то проверку замыкания катод — подогреватель можно осуществить другим способом, соединив отверткой выводы катод с подогревателем и наблюдая за качеством изображения. При наличии замыкания катод — подогреватель качество изображения остается таким же, каким оно было до соединения электродов отверткой.

Наличие замыкания катод — модулирующий электрод проверяют сначала в невключенном кинескопе. Если замыкание в таких условиях отсутствует, проверяют кинескоп после его включения и разогрева. Для этого нужно включить между катодом и модулирующим электродом вольтметр. При появлении замыкания он покажет отсутствие напряжения.

Отсутствие контакта в панели кинескопа проверяют путем покачивания ее. Если при этом контакт не удается восстановить, причину неисправности нужно искать в штырьках цоколя. Контакт в штырьках может нарушиться ввиду окисления припоя в пайке выводов к штырькам или от механических воздействий на них. Чтобы исключить возможность неисправности по этим причинам, необходимо тщательно пропаять штырьки.

Просмотр электронного изображения катода

Ранее было указано, что качество катода можно определить визуально, просматривая его электронное изображение на экране кинескопа. Получить такое изображение можно двумя способами: электростатическим и электромагнитным. Электростатический способ более удобен, так как при его использовании нет необходимости в дополнительных устройствах. Электромагнитный способ требует изготовления специальной катушки. Для получения изображения катода на экране кинескопа электростатическим способом достаточно понизить напряжение второго анода кинескопа до 4—5 *кв* и соединить фокусирующий электрод со вторым анодом. Напряжение на остальных электродах кинескопа не изменяется. На рис. 16 показано

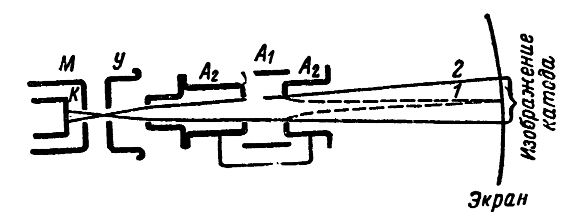


Рис. 16. Движение электронов вдоль оси кинескопа 47ЛК2Б.

1 — при нормальной работе; *2* — при расфокусировке для получения электронного изображения катода.

движение электронов в кинескопе при электростатическом просмотре электронного изображения катода. В радиолюбительских условиях такой режим можно осуществить следующим образом. Высоковольтный вывод строчного трансформатора снимают с ввода второго анода и подключают к одному из крайних выводов переменного резистора с большим сопротивлением (50—100 *Мом*). Второй крайний вывод его соединяют с шасси телевизора. Средний вывод (движок) резистора устанавливают в среднее положение и соединяют с фокусирующим электродом и вторым анодом. Отклоняющую систему с кинескопа снимают, но не отключают от телевизора. Включив телевизор, медленно увеличивают яркость экрана. На нем должно появиться электронное изображение катода диаметром 5—6 *см* (рис. 17). Манипулируя переменным резистором, установленным в цепи фокусирующего электрода и второго анода, добиваются хорошего качества изображения. Вместо переменного резистора в эту цепь можно включить последовательно соединенные постоянные резисторы сопротивлением 10—20 *Мом*. Мощность резисторов может быть небольшой, так как ток луча кинескопа невелик *. При манипуляциях с цепями фокусирующего электрода и второго анода необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Этот

* При отборе больших токов с катода кинескопа электронное изображение получить трудно, так как сильно падает напряжение второго анода.

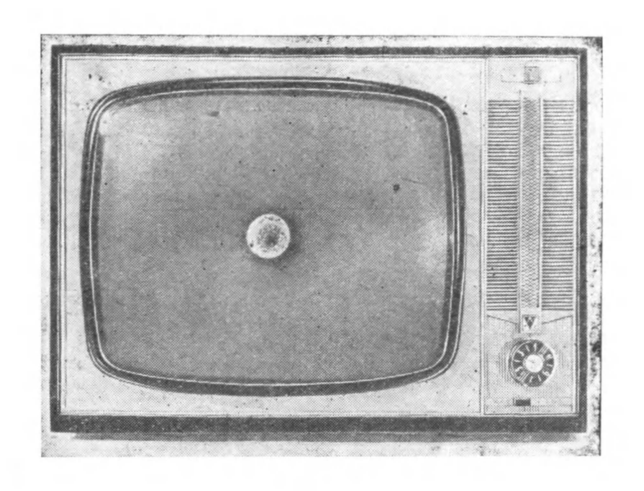


Рис. 17. Телевизор с электронным изображением катода на экране кинескопа.

метод создания электронного изображения катода пригоден для всех типов кинескопов, имеющих тетродную электронно-оптическую систему с одиночной линзой, а именно для 47ЛК2Б, 59ЛК2Б, 65ЛК1Б, 43ЛК9Б, и для всех других аналогичных отечественных и зарубежных кинескопов.

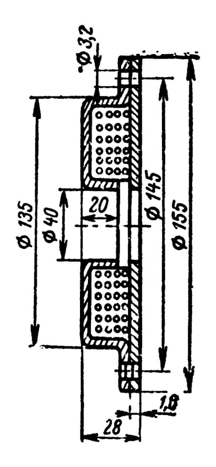


Рис. 18. Катушка для создания электромагнитным способом электронного изображения катода на экране кинескопа.

У кинескопов старой конструкции, например 43ЛК2Б, 35ЛК2Б, 35ЛК6Б, при создании электронного изображения катода электростатическим методом оно будет меньше (диаметром 3—4 *см*) и может быть срезано диафрагмами прожектора, однако с помощью магнита ионной ловушки можно устранить срезание и просмотреть всю рабочую поверхность катода. При желании получить изображение большего диаметра нужно применять электромагнитный способ дефокусировки электронного луча. Для этого на горловину кинескопа надевают катушку, которая содержит 30 000 витков провода ПЭЛ-0,1. Каркас катушки изготовляют из мягкой стали. Размеры его указаны на рис. 18. На катушку необходимо подать постоянное напряжение 500—600 *в*. Для получения электронного изображения катода электромагнитным методом можно также использовать фокусирующую катушку от телевизоров, где применяются кинескопы с магнитной фокусировкой луча (лучше всего от телевизора «Темп» или «Темп-2»). На эту катушку нужно подать напряжение 25 *в*.

Прибор для проверки и восстановления кинескопов

Проверять кинескопы и измерять параметры, по которым можно судить о надежности кинескопа, очень удобно небольшим переносным прибором, который описывается ниже. Этот прибор (принципиальную схему см. на рис. 19, а внешний вид на рис. 20) позволяет производить измерения параметров кинескопа непосредственно в телевизоре.

При этом кинескоп работает в триодном режиме, т. е. напряже-

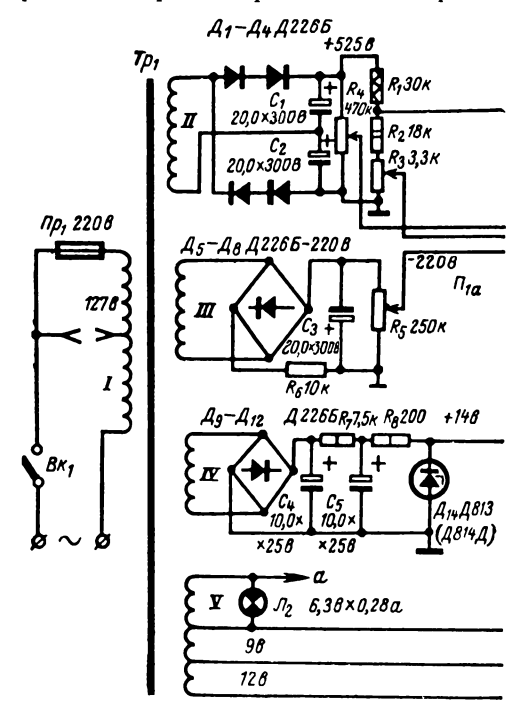
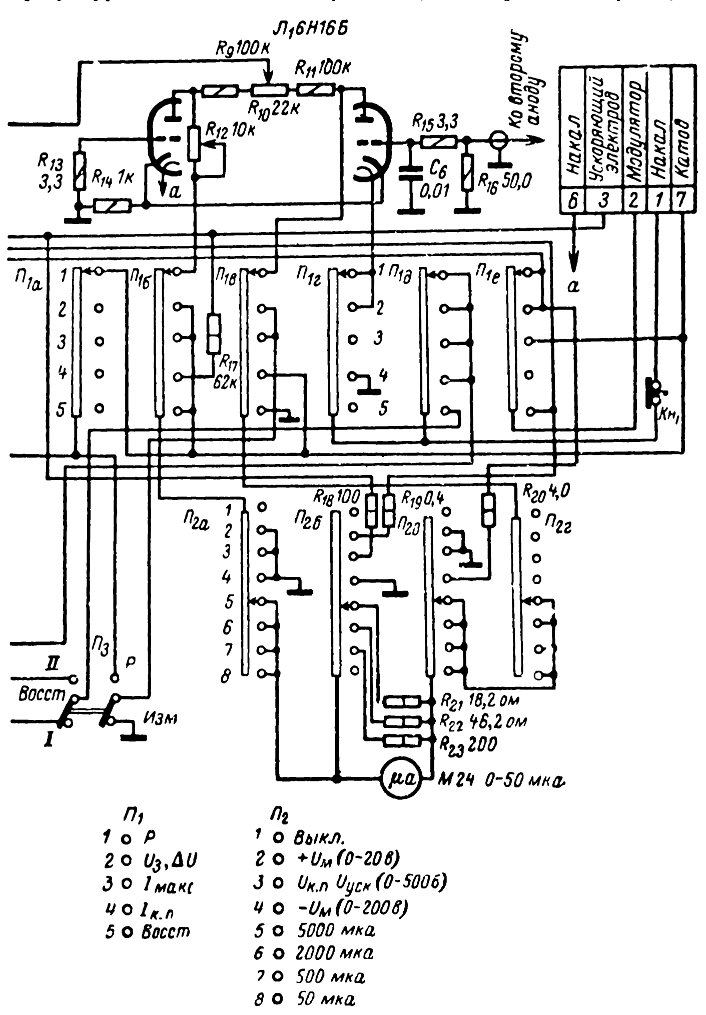


Рис. 19. Схема прибора для проверки

ния на втором аноде и ускоряющем электроде заменены одним эквивалентным напряжением ($U_{уск.экв}$), которое подается на ускоряющий электрод. Это позволило значительно упростить схему прибора. Величина тока луча при этом измеряется в цепи катода. Прибор рассчитан на измерение параметров как черно-белых, так и цветных кинескопов.

Прибор содержит три выпрямителя с выходными напряжениями +525 и —220 и +14 *в* К выходам первых двух подключены регулируемые делители напряжения, пользуясь которыми, можно



и восстановления кинескопов.

подавать на электроды кинескопа нужное напряжение. Выходное напряжение третьего выпрямителя стабилизировано кремниевым стабилитроном $Д_{14}$. Это напряжение подается на катод испытуемого кинескопа только при определении состояния вакуума. Данные силового трансформатора $Тр_1$ прибора перечислены в табл. 3. Переключение на измерения различных параметров или восстановление кинескопов осуществляется переключателем $П_1$. Переключатель $П_2$ служит для того, чтобы подключать к примененному в приборе микроамперметру М24 на 50 *мка* различные добавочные сопротивления и шунты, благодаря чему становится возможным измерять им напряжения и токи разной величины.

Таблица 3

Сердечник	№ обмоток	Число витков	Провод (марка и диаметр), *мм*
Трансформаторная сталь, Ш20×37, сборка вперекрышку	Iа	826	ПЭВ-1 0,25
	Iб	694	То же
	II	1 800	ПЭВ-1 0,12
	III	1 300	ПЭВ-1 0,07
	IV	100	ПЭВ-1 0,12
	Vа	45	ПЭВ-1 1,2
	Vб	19	ПЭВ-1 0,85
	Vв	20	ПЭВ-1 0,85

Состояние вакуума в кинескопе определяется косвенно путем измерения прибором ионного тока. Это измерение производится при помощи балансного усилителя постоянного тока, собранного на двойном триоде 6Н16Б. При проверке кинескопа с него снимают панель и вместо нее надевают на каждый выводной штырек кинескопа специальное гнездо, пригодное для кинескопов с цоколем и без него. Начинают проверку с определения запирающего напряжения $U_з$, величину которого необходимо знать при дальнейших измерениях.

Для определения $U_з$ проверяемого кинескопа переключатель $П_1$ устанавливают в положение «$U_з$, ΔU», а $П_2$ — «$U_{к\cdot п}$, $U_{уск}$». Вращая движок потенциометра R_4 по показаниям микроамперметра, который в данном случае работает как вольтметр с пределами измерения напряжений 0—500 *в*, устанавливают на ускоряющем электроде эквивалентное напряжение $U_{уск.экв}$. Величина этого напряжения зависит от типа кинескопа и приведена в табл. 4.

В этой же таблице указаны другие исходные данные измерений, а также результаты, которые должны быть получены при удовлетворительном состоянии проверяемого кинескопа.

Установив $U_{уск.экв}$, поворачивают движок потенциометра в крайнее (по схеме) положение, переключают $П_2$ на «50 *мка*» и начинают осторожно вращать движок R_5.

Вращение прерывают, когда микроамперметр покажет ток 1 *мка* (при таком токе кинескоп практически закрыт).

Затем устанавливают $П_2$ на «$U_м$» и прочитывают по шкале

микроамперметра значение запирающего напряжения $U_з$ в вольтах. Пределы, в которых нормально колеблется это напряжение, указаны в табл. 4.

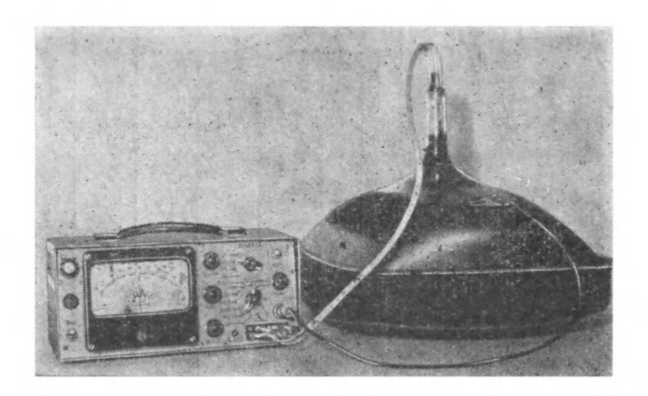


Рис. 20. Внешний вид прибора для проверки и восстановления кинескопов с проверяемым кинескопом 47ЛК2Б.

На рис. 21 изображены модуляционные характеристики двух кинескопов. Из рисунка видно, что запирающее напряжение одного кинескопа (кривая *1*) равно —55 *в*, а второго (кривая *2*) —50 *в*.

Далее переходят к измерению модуляционной характеристики, которая является одним из основных параметров кинескопа.

Она представляет собой зависимость тока луча от напряжения на модулирующем электроде при постоянных напряжениях на остальных электродах.

Рассматривая модуляционные характеристики кинескопов, прежде всего нужно обратить внимание на их крутизну. Чем круче модуляционная характеристика, тем выше качество кинескопа. При рассматривании характеристик, изображенных на рис. 21, *а*, можно сделать вывод, что кинескоп с характеристикой *1* лучше кинескопа с характеристикой *2*. Встречаются кинескопы с ненормальными модуляционными характеристиками (рис. 21, *б*). У таких кинескопов иногда наблюдается негативное изображение.

Крутизна модуляционной характеристики зависит также от конструкции электронно-оптической системы. Поэтому приведенные соображения действительны только для кинескопов одного типа или для разных типов, если в них вмонтированы идентичные электронно-оптические системы.

При определении крутизны модуляционной характеристики кинескопов пользуются понятием «модуляция» ($\Delta U_м$), под которой следует понимать разность напряжений на модулирующем электроде при запертом кинескопе и заданном значении тока луча

$$(\Delta U_м = U_з - U_м).$$

Таблица 4

Тип кинескопа	Исходные параметры							Результаты измерений			
	$U_{уск.экв}$ при измерениях $U_з$, ΔU, $I_{макс}$ спада, $I_к$, *в*	$I_л$ при измерениях $U_з$, *мка*	$I_л$ при измерениях ΔU, *мка*	$I_л$ при измерениях P, *мка*	$U_{уск}$ при измерениях P, *в*	Коэффициент K при измерениях P	$U_{к.п.}$ при измерениях $I_{к.п.}$, *в*	$U_з$, *в*	$\Delta U_м$, *в*	P, *мм рт. ст.*	$I_{к.п.}$, *мка*
35ЛК2Б	370	1	100	250	375	$5 \cdot 10^{-4}$	135	—30—90	32	$<1 \cdot 10^{-5}$	<100
43ЛК2Б	440	1	100	250	375	$2{,}5 \cdot 10^{-4}$	135	—30—90	32	$<1 \cdot 10^{-5}$	<100
43ЛК3Б	380	1	100	250	375	$5 \cdot 10^{-4}$	135	—30—90	32	$<1 \cdot 10^{-5}$	<100
43ЛК9Б	390	1	120	250	375	$4 \cdot 10^{-4}$	300	—30—90	32	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50
47ЛК2Б Московского завода	430	1	180	250	375	$5 \cdot 10^{-4}$	300	—30—80	41	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50
47ЛК2Б Львовского завода	490	1	180	250	375	$8 \cdot 10^{-4}$	300	—30—80	41	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50
59ЛК2Б Московского завода	430	1	350	250	375	$5 \cdot 10^{-4}$	300	—30—80	55	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50
59ЛК2Б Львовского завода	490	1	350	250	375	$8 \cdot 10^{-4}$	300	—30—80	55	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50
40ЛК4Ц	500	0	—	250	375	$2 \cdot 10^{-4}$	200	—68—132	—	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50
59ЛК3Ц	500	0	—	250	375	$2{,}4 \cdot 10^{-4}$	200	—100—190	—	$<1 \cdot 10^{-5}$	<50

Примечание. При измерении $I_{к.п.}$ катод должен иметь положительный потенциал относительно подогревателя.

Измерение модуляции кинескопов на приборе производится следующим образом: прежде всего определяют запирающее напряжение так, как описано выше. Затем переключают $П_2$ на «500 *мка*» и, оперируя движком потенциометра R_5, добиваются, чтобы ток луча был

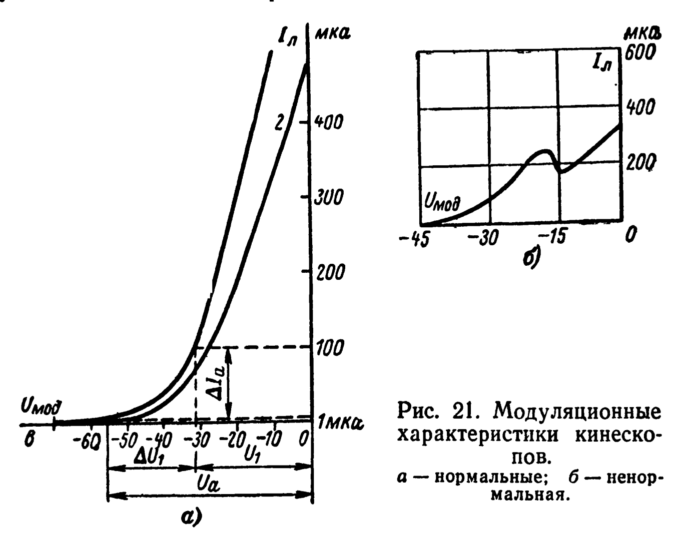


Рис. 21. Модуляционные характеристики кинескопов.
а — нормальные; *б* — ненормальная.

равен 100 *мка*. Установив $П_2$ в положение «$-U_{мод}$», по показаниям микроамперметра определяют модулирующее напряжение $U_м$ при этом токе луча. После этого по приведенной выше формуле узнают модуляцию $\Delta U_м$. Нормальные значения этого параметра у разных кинескопов указаны в табл. 4.

Теперь переходят к определеиию коэффициента q качества катода. Важность этого параметра для определения качества катода была указана ранее. Для того чтобы иметь возможность вычислить q по формуле, приведенной далее, нужно измерить запирающее напряжение по методике, описанной выше, и максимальный ток луча $I_{макс}$, для чего нужно лишь установить переключатель $П_1$ на «$I_{макс}$», а $П_2$ — на «5 000 *мка*» и прочесть показания микроамперметра. При малом отклонении его стрелки на пределе измерения «5 000 *мка*» переключатель $П_2$ поворачивают в положение «500 *мка*». Время измерения максимального тока луча должно быть по возможности меньшим, так как длительная нагрузка ускоряющего электрода большим электронным током может вызвать выделение из него газов. Измерив $I_{макс}$, вычисляют q. У годного кинескопа q должно быть от 2,0 до 3,5. При $q \leqslant 1$ катод кинескопа плохой.

Иногда спрашивают, зачем нужен коэффициент качества катода, если известен максимальный ток его луча? Поясним это на примере двух кинескопов, которые имеют различные запирающие напряжения (—35 *в* и —75 *в*), но одинаковые максимальные токи луча величиной 600 *мка*. Определим по этим данным коэффициенты качества катода.

У первого кинескопа

$$q = \frac{I_{\text{макс}}}{U_з^{3/2}} = \frac{600}{\sqrt{35^3}} \approx 3{,}0.$$

Для второго кинескопа

$$q = \frac{I_{\text{макс}}}{U_з^{3/2}} = \frac{600}{\sqrt{75^3}} \approx 0{,}9,$$

т. е. катод первого кинескопа в 3 раза лучше по активности, чем катод второго кинескопа.

Необходимо указать, что величина коэффициента качества катода зависит в некоторой степени от геометрии электродов электронно-оптической системы и в первую очередь от диаметра отверстия модулятора.

Надежность кинескопа можно оценить также, измерив с помощью прибора полный эмиссионный ток катода или спад этого тока. Полный эмиссионный ток измеряют тогда, когда требуется определить активность катода в кинескопах, не имеющих ускоряющего электрода. Для такого измерения переключают $П_1$ в положение «$I_{\text{макс}}$», а $П_2$ — в положение «$+U_м$» и потенциометром R_3 устанавливают на модулирующем электроде напряжение +5 *в*. Ставят $П_2$ на «5 000 *мка*» и прочитывают показания микроамперметра. Величина полного эмиссионного тока может колебаться в больших пределах, от 0 до 5 *ма*. Плохие кинескопы имеют полный эмиссионный ток менее 1 *ма*.

Активность катода можно определять методом спада эмиссионного тока. Долговечность кинескопа в этом случае оценивают по степени падения эмиссионного тока при отключении накала.

Определяя значение коэффициента S спада катодного тока по формуле

$$S = \frac{I_к - I_{к.мин}}{I_к},$$

где $I_к$ — ток катода до отключения накала, *мка*; $I_{мин}$ — ток катода, измеренный через 5 *сек* после отключения напряжения накала, *мка*.

Спад тока определяется при двух значениях: 50 *мка* и максимальном. Ток 50 *мка* устанавливается так же, как ток 1 *мка* при измерении запирающего напряжения $U_з$, а чтобы получить максимальный ток, переключатель $П_1$ ставят в положение $I_{\text{макс}}$. Затем выключают накал кинескопа, нажимая кнопку $Кн_1$. Выждав 5 *сек*, определяют по показаниям микроамперметра остаточный ток катода $I_{мин}$ и вычисляют коэффициент спада S по приведенной ранее формуле. Чем больше будет этот коэффициент, тем лучше качество катода (рис. 22). Иногда знание только абсолютной величины S недостаточно, а для точной оценки качества катода нужна полная кривая спада его тока. В этом случае оказывается необходимым записывать кривую спада самопишущими приборами.

Ток утечки между катодом и подогревателем определяют, установив $П_1$ в положение $I_{к\,п}$, а $П_2$ — на «$U_{к.п}$, $U_{уск}$». Потенциометром R_4 между катодом и подогревателем устанавливается напряжение, указанное в табл. 4. Затем переключатель $П_2$ ставят на

«5 000 *мка*» и контролируют ток утечки по микроамперметру. Он не должен быть больше указанного в табл. 4.

Состояние вакуума в кинескопе определяется путем измерения ионного тока I_i^+, возникающего при ионизации остаточных газов во время протекания электронного тока.

Измерив ионный ток, рассчитывают давление остаточных газов, *мм рт. ст.*, по формуле

$$P = \frac{I_i^+ - I_{\text{ут}}}{I_{\text{л}}} k,$$

где I_i^+ — ионный ток, *мка*; $I_{\text{ут}}$ — ток утечки в цепи измерения ионного тока, *мка*; $I_{\text{л}}$ — ток электронного луча, *мка*; k — коэффициент пропорциональности, зависящий от геометрии электронно-оптической системы кинескопа.

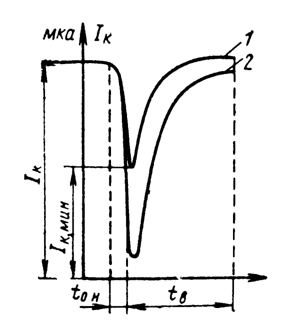


Рис. 22. Кривые спада тока катодов различного качества.

1 — хороший катод; 2—плохой катод; $t_{\text{о н}}$ — время отключения накала, $t_{\text{в}}$ — время восстановления катодного тока.

Состояние вакуума в кинескопах оценивают обычно при определенной величине тока электронного луча $I_{\text{к}}$ (в большинстве случаев 250 *мка*).

Поэтому в формуле для расчета давления остаточных газов можно применять коэффициент $K_{\text{п}}$, разделенный на $I_{\text{л}}$, т. е. на 250; тогда формула упрощается и принимает следующий вид:

$$P = K'_{\text{п}}\left(I_i^+ - I_{\text{ут}}\right),$$

где $K'_{\text{п}} = K_{\text{п}}/250$.

Значения $K'_{\text{п}}$ для различных типов кинескопов приведены в табл. 4.

Прибором для проверки кинескопов давление остаточных газов определяют следующим образом. Вставляют разъем кабеля прибора в контактное гнездо второго анода кинескопа и устанавливают переключатели прибора в следующие положения: $П_1 - U_з$, ΔU; «$П_2 - U_{\text{кп}} U_{\text{уск}}$»; $П_3 - II$(«P»).

Манипулируя потенциометром R_4, подают на ускоряющий электрод напряжение 375 *в* и запирают кинескоп так, как это делают при определении запирающего напряжения (см. ранее). При запертом кинескопе определяют величину тока утечки $I_{\text{ут}}$.

После этого переключают Π_1 на «P», а Π_2 на «50» и при помощи потенциометра R_{10} совмещают стрелку микроамперметра с нулем шкалы. Далее устанавливают ток электронного луча 250 *мка* так же, как 1 *мка* при измерении запирающего напряжения. Переключив Π_1 на «P», а Π_2 на «50», определяют величину ионного тока. При этом необходимо помнить, что последнее деление шкалы микроамперметра будет соответствовать ионному току 5 *на* ($5\cdot10^{-3}$ *мка*). Измерив ионный ток, определяют давление остаточных газов по приведенной ранее формуле, куда подставляют значение I_i^+, *мка*. Кинескоп будет работать надежно, если P не хуже $1\cdot10^{-5}$ *мм рт. ст.*

Если катод кинескопа очень истощен и получить ток луча 250 *мка* при $U_{экв.уск}=375$ *в* не удается, то последнее нужно повысить. Однако необходимо иметь в виду, что при увеличении $U_{экв.уск}$ до 500 *в* вероятность ионизации остаточных газов, а следовательно, и точность измерения ионного тока падает.

Можно также вместо повышения $U_{экв.уск}$ измерить ионный ток при $I_л$, равном не 250 *мка*, а 125 *мка*. В этом случае при расчете давления остаточных газов результат, полученный по формуле, следует умножить на два. Если увеличить ток луча, при котором измеряется ионный ток, до 500 *мка*, то точность измерений повысится. Результат расчета давления остаточных газов, полученный при таком измерении, нужно разделить на два.

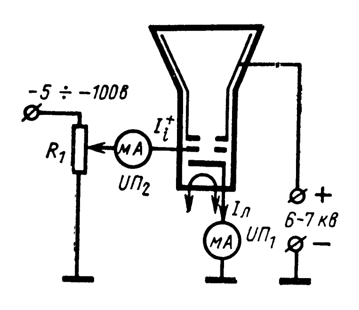


Рис. 23. Схема измерения вакуума кинескопов с отбором ионов на модулирующий электрод.

Каскад на лампе 6Н16Б, используемый при измерении ионного тока, очень чувствителен к наводкам. Поэтому он и в особенности его сеточные цепи должны быть хорошо экранированы.

В старых типах кинескопов, например 40ЛК1Б, 31ЛК2Б и др., описанный способ измерения вакуума нельзя применять из-за отсутствия в электронно-оптической системе ускоряющего электрода. Поэтому в таких случаях используется другой метод измерения вакуума, отличающийся от описанного тем, что в качестве коллектора ионов используется не второй анод, а модулирующий электрод, а остаточные газы ионизируются при работе всех электродов кинескопа. Для измерений собирают устройство по схеме, приведенной на рис. 23 (применять прибор для этого измерения нельзя!). На второй анод кинескопа подают напряжение от 6 до 7 *кв*, регулируя потенциометр R_1, устанавливают по прибору $ИП_1$ ток луча 250 *мка* и, прочитывая показания $ИП_2$, определяют ионный ток. Отрицательное напряжение на модулирующем электроде не должно быть меньше —5 *в*, иначе в цепи катод — модулирующий электрод появится ток. При измерении обязательно должны быть включены устройства, развертывающие луч, иначе люминофор экрана в месте нахождения светового пятна будет прожжен.

Коэффициент $K_п'$ для кинескопов 40ЛК1Б равен $1\cdot10^{-3}$. При проведении измерения вакуума в кинескопах следует иметь в виду,

что рассмотренные ранее методы измерений, как прибором для проверки кинескопов, так и с помощью других устройств, не всегда обеспечивают высокую точность, так как в процессе работы кинескопа даже через небольшие промежутки времени вакуум по разным причинам может изменяться.

Восстановление кинескопов

В настоящее время стоимость большинства типов кинескопов еще сравнительно высока. Поэтому владельцы телевизоров стараются восстанавливать кинескопы, отслужившие свой срок. Как в СССР, так и за рубежом организованы специальные мастерские по регенерации кинескопов, которые производят следующие технологические операции: восстановление горловины, установку нового электронного прожектора, откачку, обработку и тренировку катода, а также прожиг изоляции.

Однако не всем вышедшим из строя кинескопам нужна полная регенерация. Многие дефекты кинескопа можно устранить простейшими способами, не сдавая кинескопы в мастерскую.

Потеря эмиссии. Восстанавливать кинескоп с этим дефектом приходится наиболее часто. Процесс восстановления иногда проводят следующим образом. Подогреватель кинескопа питают повышенным напряжением (примерно 12 *в*) в течение 1—2 *ч*. При этом температура катода резко повышается, что способствует интенсивному образованию свободных атомов его активного вещества.

Такой метод восстановления вызывает иногда отрицательный эффект, так как длительное стимулирование активности катода двойным напряжением накала может привести к бурному испарению оксида. Малая эффективность восстановления катода только при помощи подачи повышенного напряжения на подогреватель объясняется также тем, что в кинескопе при этом отсутствует электронный ток, протекание которого способствует стимулированию активности катода по всему объему и разрушает образовавшийся запорный слой, что важнее всего. Поэтому кроме подогревателя нужно подвести напряжение и к другим электродам кинескопа. Режимы, по которым рекомендуется проводить восстановление катода, приведены в табл. 5.

Таблица 5

Восстановление катода	I режим	II режим
Время тренировки, *мин*	5	50
Напряжение накала, *в*	12	9
Напряжение модулятора, *в*	+2	+2
Напряжение ускоряющего электрода, *в*	—	+450

Возможность восстановления кинескопов по этим режимам предусмотрена в приборе для проверки кинескопов. Чтобы получить первый режим, нужно установить переключатели прибора в следующие положения: $П_1$ — «Восст», $П_2$—$+U_м$ и $П_3$ — «Восст.I». Вращая движок потенциометра R_3, добиваются, чтобы напряжение на модули-

рующем электроде составляло +2 *в*, при помощи R_4 — нулевого напряжения на ускоряющем электроде, и оставляют кинескоп работать в этом (первом) режиме 5 *мин*. Затем переключают $П_2$ в положение $U_{к\ п}$, $U_{уск}$, а $П_3$ — в положение «Восст. II». Не трогая потенциометра R_3, вращают движок R_4, пока напряжение на ускоряющем электроде не будет равно 450 *в*. В этом (втором) режиме кинескоп должен проработать 50 *мин*. При восстановлении кинескопов с очень сильной потерей эмиссии следует подавать на модулирующий электрод напряжение от +5 до +10 *в*, а на ускоряющий электрод — до +500 *в*. Необходимо иметь в виду, что восстановление кинескопа способом, описанным ранее, дает кратковременный эффект.

Часто для продления срока службы кинескопа на подогреватель подают повышенное напряжение накала постоянно. Это следует применять тогда, когда описанный ранее метод восстановления не привел к положительным результатам.

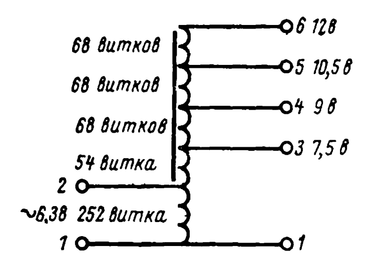


Рис. 24. Схема автотрансформатора для повышения напряжения накала кинескопа. Данные автотрансформатора: сердечник УШ 10×12, провод ПЭЛ-0,6.

На рис. 24 приведена схема автотрансформатора, который может быть использован для постоянного повышения начала кинескопа. Чтобы напряжение можно было повышать постепенно, в зависимости от степени истощения катода, у автотрансформатора имеется несколько отводов. Его выводы *1—2* подключают к обмотке накала кинескопа силового трансформатора телевизора. Присоединять автотрансформатор к обмотке накала ламп нельзя.

Внутренний обрыв катода. Наличие обрыва проверяют, замыкая катод с одним из выводов подогревателя. Если в кинескопе действительно оборван катод, то после замыкания яркость свечения экрана должна заметно возрасти, однако четкость изображения будет низкой (на экране будут видны «тянучка», обратный ход луча). Для повышения четкости изображения питание подогревателя необходимо осуществить от специально изготовленного разделительного трансформатора с коэффициентом трансформации 1 : 1 и малой емкостью между обмотками.

Такой трансформатор применяют и тогда, когда в кинескопе обнаружено внутреннее замыкание катода на подогреватель. Иногда устранить внутреннее замыкание катод — подогреватель можно, повернув кинескоп в телевизоре на 180°. Тогда подогреватель ложится на другую часть гильзы и замыкание может исчезнуть. Этот способ иногда оправдывает себя также при восстановлении эмиссионной активности катода.

Замыкание катод — модулирующий электрод. Такой дефект устраняют, включая между катодом и модулирующим электродом заряженный конденсатор большой емкости и на большое рабочее напряжение, например 100 *мкф*×300 *в*. Если электроды замкнулись в результате попадания на них посторонних частей (пыли, оксида и др.), то при протекании разрядного тока конденсатора эти вещества сгорают

или распыляются и замыкание исчезает. Иногда обрывы электродов могут сочетаться с замыканием. Допустим, что в кинескопе одновременно обнаружено два дефекта: обрыв модулирующего электрода и замыкание катода с подогревателем. В этом случае восстановление производится следующим образом. Вместо модулирующего используют ускоряющий электрод с соответствующим подбором напряжения, а замыкание катод — подогреватель устраняют описанными ранее методами.

Обрыв наружных выводов. Обрыв наружных выводов у бесцокольных кинескопов происходит от частых изгибов их или из-за дефекта самих выводов. Выводы, как правило, обрываются вблизи стекла ножки кинескопа. Восстановить такой кинескоп можно с помощью обычной иглы, которую сначала немного вбивают острым концом в оставшийся в стекле вывод, а затем закрепляют затвердевающей замазкой.

ГЛАВА ШЕСТАЯ
ЦВЕТНЫЕ КИНЕСКОПЫ

Общие сведения

Цветные кинескопы намного сложнее черно-белых. Так как при цветном телевидении на кинескоп поступает три видеосигнала: красный (R), синий (B), и зеленый (G), то в цветном кинескопе имеется не один электронный прожектор, как в черно-белом, а три, т. е. отдельный прожектор для каждого видеосигнала. Экран цветного кинескопа покрыт не сплошным слоем люминофора белого свечения, а отдельными точками люминофоров, светящимися красным, синим и зеленым цветами. Люминофорные точки нанесены на экран по строкам в определенной последовательности (рис. 25, *в*), а именно красная, зеленая, синяя, опять красная, зеленая, синяя и т. д. Они расположены в шахматном порядке, причем так, что между красной и зеленой точками одной строки в следующей строке всегда будет синяя точка, а между синей и красной — зеленая. Таким образом, экран будет покрыт множеством треугольников (триад), состоящих из трех разноцветных точек различных люминофоров — красного, синего и зеленого.

На расстоянии 10—12 *мм* от поверхности экрана, на которую нанесены люминофоры, установлена металлическая маска с большим количеством отверстий (по числу люминофорных триад). В кинескопе 59ЛК3Ц маска имеет 550 тыс. отверстий. Столько же люминофорных триад на экране этого кинескопа. Назначение маски — направить электронные лучи так, чтобы они попадали точно на соответствующую по цвету точку люминофора («красный» электронный луч на красную точку и т. д.). По этой маске кинескопы, в которых она имеется, называются масочными.

Диаметр каждого отверстия в маске равен 0,25 *мм*. Эти отверстия имеют сложную форму для понижения вторичной эмиссии из их боковых стенок (рис. 25, *б*). Маска прикрепляется к колбе с помощью четырех штифтов, запрессованных в стекло. На эти штифты надевают специальные пружинные держатели, к которым приварена маска. Технология производства цветных кинескопов не позволяет установить электронные прожекторы с такой точностью, чтобы их электронные лучи попадали только на соответствующие люминофорные точки. Поэтому на горловине кинескопа устанавливают электромагниты и постоянные магниты, корректирующие направле-

ние электронных лучей (рис. 25, *а*). С помощью этих магнитов можно сводить электронные лучи в одну точку (магниты радиального сведения), передвигать их вокруг оси кинескопа (магнит чистоты цвета), а также двигать только один «синий» электронный луч

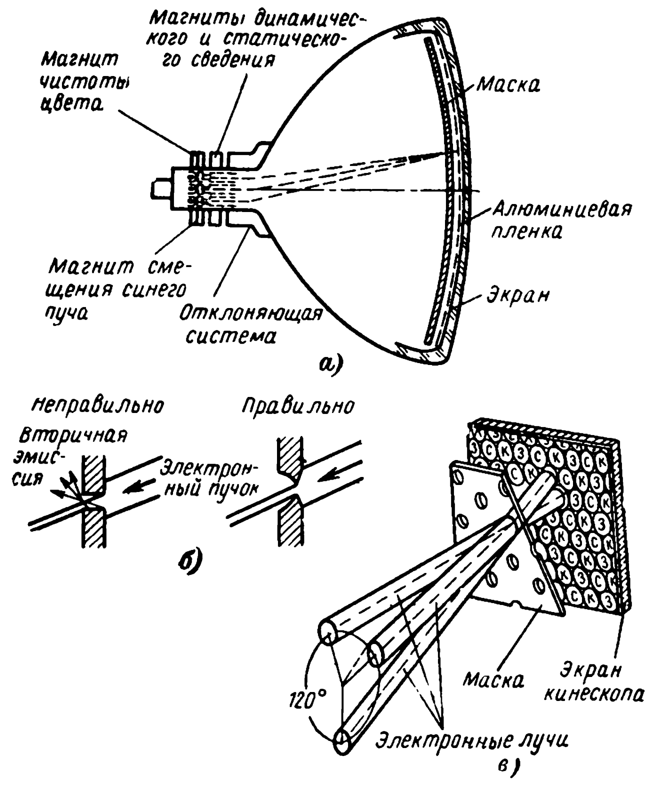


Рис. 25. Принцип действия цветных масочных кинескопов.
а — разрез кинескопа; *б* — форма отверстий маски; *в* — движение электронных лучей.

(магнит смещения «синего» луча). Для этой же цели предусмотрена возможность перемещения отклоняющей системы по горловине кинескопа на 15 *мм*. Отклоняющая система развертывает синхронно все три электронных луча, каждый из которых во время движения возбуждает только «свой» цвет люминофора. Для обеспечения работы системы радиального смещения электронных лучей сверху на прожекторах устанавливают специальные полюсные наконечники. Подробно устройство и работа цветных кинескопов описаны в книге С. А. Ельяшкевича и С. Э. Кишиневского «Приемники цветного телевидения», М., «Связь», 1969.

В настоящее время наиболее широкое применение получили цветные кинескопы типа 40ЛК4Ц и 59ЛК3Ц с углом отклонения луча 90° и 40ЛК2Ц с углом отклонения луча 70°. Кинескопы с диагональю экрана 40 *см* применяются в телевизорах типа «Радуга-4» и «Рекорд-102». Яркость свечения экрана кинескопов 40ЛК4Ц в белом цвете не менее 60 *нт* при суммарном токе анода 620 *мка*, гарантия работы 1 год. Кинескопы типа 59ЛК3Ц используются в телевизорах «Рубин-401», «Радуга-5», «Рубин-401-1». Яркость свечения экрана этих кинескопов в белом цвете не менее 60 *нт* при суммарном токе анода 1 000 *мка*, гарантия работы 1 год.

В масочных кинескопах примерно 80% энергии электронного потока расходуется на ненужный нагрев маски и лишь 20% энергии возбуждает люминофоры. Поэтому яркость свечения экрана этих кинескопов значительно меньше, чем у черно-белых, и чтобы она была нормальной, приходится увеличивать токи лучей. Малый к. п. д. электронных лучей в масочных кинескопах — очень большой недостаток их. Поэтому в настоящее время пытаются сконструировать цветные кинескопы без масок.

В сравнении с черно-белыми кинескопами число эксплуатируемых цветных кинескопов пока очень незначительно, и поэтому нет достоверных сведений о фактическом сроке службы их в реальных условиях эксплуатации. Если технический уровень цветных кинескогов будет доведен до уровня черно-белых, то даже в этом случае вероятность выхода из строя первых будет почти в 3 раза выше, чем у вторых из-за наличия трех прожекторов, и поэтому количество таких дефектов, как «мал ток луча», междуэлектродные замыкания, обрывы электродов и др., тоже будет втрое выше.

Кроме того, установка трех электронно-оптических систем несомненно приведет к увеличению отказов по причине проникания воздуха, так как число выводов увеличивается вдвое. Появляются также новые специфические дефекты для цветных кинескопов, как-то: затемнение углов, неоднородность свечения экрана, плохая чистота цвета, плохой контакт маски с аквадагом и др., причиной которых в большинстве случаев являются механические воздействия на кинескоп во время его транспортировки. По заводским испытаниям фактический срок службы цветных кинескопов превышает гарантируемый (1 500 *ч*).

В цветных кинескопах более интенсивно будут разрушаться положительными ионами катоды, так как в этих кинескопах действуют повышенные анодные напряжения.

Качество экрана

Для цветных кинескопов применяются люминофоры трех основных цветов: красного, зеленого и синего. В качестве красного люминофора используется окись иттрия, активированная европием, в качестве зеленого — смесь сернистого цинка с сернистым кадмием, активированная серебром, и в качестве синего — сернистый цинк, активированный серебром. Люминофор каждого цвета наносят на экран отдельно методом полива с последующим засвечиванием экрана через маску мощным источником ультрафиолетового излучения. Диаметр каждой люминофорной точки равен примерно 0,3 *мм*, а толщина покрытия — около 15 *мкм*. Перед нанесением люминофорной суспензии экран покрывают светочувствительным веществом, которое служит для закрепления люминофорных точек на экране.

Поверх люминофоров экран покрывают алюминиевой пленкой толщиной 0,2 *мкм* для повышения яркости и контрастности изображения.

У готового кинескопа контролируют следующие светотехнические параметры: однородность свечения экрана для каждого основного цвета (красного, синего, зеленого) и кроме этого в белом цвете (чистоту цвета), яркость свечения экрана в белом цвете, качество люминофорных точек и наличие загрязнений их, разрешающую способность, цветовые координаты и другие параметры. Однородность свечения экрана в трех основных цветах и в белом цвете определяют визуально, рассматривая сфокусированный растр с расстояния 2,5 *м*.

В процессе настройки и эксплуатации телевизора нарушение чистоты цвета может быть вызвано плохой юстировкой электронных лучей и плохой настройкой телевизора в целом. Плохая чистота цвета может быть также следствием нарушения положения маски, плохого нанесения люминофорных точек и т. д. Аналогичные причины могут привести к равномерному подцвечиванию белого цвета каким-либо другим. Неравномерность яркости в белом цвете на краях и в центре допускаются до 50%.

Появление на экране темных и светлых точек различного оттенка — результат отступлений от технологии нанесения люминофоров и плохого качества самих люминофоров. Кроме того, темные точки могут возникнуть, если отверстия маски будут закупорены посторонними блуждающими частицами. Дефект «затемненные углы» может наступать из-за технологических трудностей юстировки узлов экран— маска — прожекторы.

Для устранения искажений цветопередачи, вызванной расширением маски от нагрева при электронной бомбардировке, применяются термокомпенсаторы, которые стабилизируют положение маски при работе кинескопа.

Для эксплуатационной надежности кинескопов важна стойкость люминофоров к электронной бомбардировке. Испытания кинескопов на долговечность показали, что спад яркости в цветных кинескопах происходит интенсивнее, чем в черно-белых. Если в черно-белых кинескопах снижение яркости свечения экрана после 3 000 *ч* достигает 5—10%, то в цветных кинескопах после 1 500 *ч* — 20 — 30%.

Понижение яркости в цветных кинескопах, очевидно, вызывается специфическими особенностями технологической обработки и эксплуатации их. В частности, применение поливинилового спирта для закрепления люминофорных точек, по-видимому, изменяет физико-химические процессы, проходящие в них, в худшую сторону. В цветных кинескопах по сравнению с черно-белыми давление остаточных газов выше, что повышает опасность ионного разрушения экрана. Кроме того, нагрузка на экран цветных кинескопов при их эксплуатации более интенсивна: люминофорные точки экрана подвергаются энергичной бомбардировке значительными токами лучей. Необходимо отметить, что спад яркости свечения цветных люминофоров приводит к работе катодов в форсированных режимах, так как телезритель старается компенсировать понижение яркости экрана усилением электронной нагрузки на него, а это еще более ускоряет процесс выгорания люминофоров.

Таким образом, срок службы цветных кинескопов зависит от долговечности не только катодов, но и экрана.

Вакуумные характеристики

Установка маски, трех электронно-оптических систем, покрытие аквадагом большой площади внутренней поверхности колбы — все это создает трудности при создании и дальнейшем сохранении вакуума в цветных кинескопах. Высокие анодные напряжения, применяемые в этих кинескопах, требуют тщательной очистки деталей прожекторов и колбы во избежание пробоев и паразитной эмиссии.

В табл. 6 приведены усредненные данные о величине вакуума в черно-белых кинескопах типа 59ЛК2Б и цветных кинескопах типа 40ЛК4Ц и 59ЛК3Ц на различных этапах их изготовления и после различных сроков эксплуатации. Из таблицы видно, что, несмотря на то, что объем кинескопов 59ЛК3Ц в сравнении с кинескопами 40ЛК4Ц намного больше, вакуум в кинескопах 59ЛК3Ц выше. Объясняется это большей площадью активного поглощения газов.

Таблица 6

Тип кинескопа	Вакуум, *мм рт. ст.*				
	После отпайки	После распыления газопоглотителя	После тренировки	После эксплуатации в течение	
				500 *ч*	1 500 *ч*
59ЛК2Б	$1\cdot10^{-5}$	$9\cdot10^{-6}$	$6\cdot10^{-7}$	$4\cdot10^{-7}$	$6\cdot10^{-7}$
40ЛК4Ц	$3\cdot10^{-5}$	$2\cdot10^{-5}$	$4\cdot10^{-6}$	$3\cdot10^{-6}$	$2\cdot10^{-6}$
59ЛК3Ц	$3\cdot10^{-5}$	$7\cdot10^{-6}$	$1\cdot10^{-6}$	$8\cdot10^{-7}$	$1\cdot10^{-6}$

Схема измерения вакуума в цветных масочных кинескопах показана на рис. 28. Протекание электронного тока обеспечивают два электрода: фокусирующий и ускоряющий.

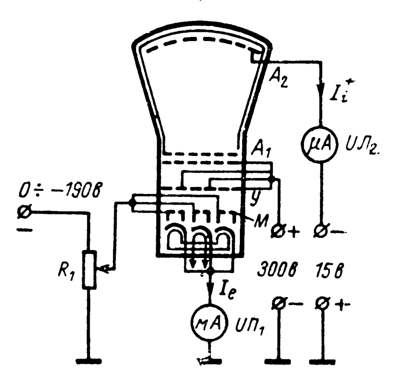


Рис. 28. Схема измерения вакуума в цветных кинескопах.

Учитывая то, что почти все электроны достигают фокусирующего электрода, роль ускоряющего электрода сводится к предварительной фокусировке электронного луча и к повышению его скорости. Таким образом, остаточные газы ионизируются при работе кинескопа не в триодном, а в тетродном режиме. Применение такого режима измерения вакуума во многом повышает его чувствительность ввиду увеличения пути пролета электронов. Кроме этого, при тетродном режиме измерения электроны более равномерно распределяются на поверхности электродов, что уменьшает нагрев деталей ЭОС и их газовыделение.

Измерить вакуум в цветных кинескопах можно, используя один прожектор или все три прожектора. При использовании трех про-

жекторов (в этом случае общий электронный ток составляет 750 *мка*) коэффициент пропорциональности $K_п$ равен $7 \cdot 10^{-5}$, а при измерении с использованием только одной пушки (электронный ток 250 *мка*) $K_п = 2 \cdot 10^{-4}$. Измерение вакуума в цветных кинескопах с помощью прибора для проверки кинескопов, описанного в гл. 5, производят так же, как и в черно-белых кинескопах.

Анализ газовой среды показал, что состав остаточных газов в цветных кинескопах такой же, как в черно-белых (азот, окись углерода, аргон, метан, водород, гелий, углекислый газ и пары воды).

Характерным для цветных кинескопов является увеличение давления окиси и двуокиси углерода, азота и уменьшение давления метана, аргона и гелия. Это объясняется интенсивным облучением маски и экрана сравнительно большим электронным током.

Эксплуатация

Ввиду сложности конструкции цветных масочных кинескопов они могут выйти из строя при малейшем несоблюдении правил эксплуатации. Наличие в них рабочего напряжения второго анода до 25 *кв* увеличивает вероятность междуэлектродного пробоя в трубке Возникновение пробоя в виде дугового разряда между электродами, несущими высокое и низкое напряжения, может привести к порче катода (локальному испарению оксида) из-за мощных переходных токов в процессе разряда. Разрядные токи могут вывести из строя не только кинескоп, но и другие элементы телевизора. Поэтому в цветных телевизорах предусмотрены устройства, защищающие их от высоковольтных пробоев. Для этого ограничивают мощности источников питания второго анода и фокусирующего электрода до величин, при которых ток короткого замыкания не превышает 20 *ма*. Кроме того, между шасси телевизора и ускоряющими, а также модулирующими электродами устанавливают разрядники с пробивным напряжением от 2 до 4 *кв*. Детали телевизора, соединенные с подогревателем кинескопа, располагают на расстоянии не менее 6 *мм* от других деталей и соединительных проводов

Таблица 7

Тип кинескопа	Номинальные электрические режимы					$U_з$, *в*
	$U_к$, *в*	$I_н$, *а*	$U_{уск}$, *в*	$U_ф$, *кв*	$U_{а2}$, *кв*	
40ЛК4Ц	5,7—7,0	0,9	100—500	3,3÷4,1	20	—68÷—132
59ЛК3Ц	5,7—7,0	0,9	250—700	4,5÷5,5	25	—100÷—190

Запрещается даже кратковременное отключение цепи накала при наличии напряжений на других электродах. Напряжения на электродах должны находиться в пределах, указанных в табл. 7.

Следовательно, для повышения долговечности кинескопов при откачке необходимо повышать температуру обезгаживания экранного узла и улучшать эффективность газопоглотителей.

Плохие последствия может иметь длительная эксплуатация цветных кинескопов при значительно повышенной яркости. При этом суммарный ток трех прожекторов может достигать 15 *ма*, что вызовет сильный разогрев маски, а в конечном результате нарушение чистоты цвета. Как видно из табл. 7, диапазон возможных напряжений на электродах очень широк, однако для повышения срока службы кинескопа нужно стремиться к тому, чтобы эти напряжения были номинальными.

Устанавливая кинескоп вниз экраном, под него всегда нужно подкладывать мягкую прокладку, свободную от частиц, могущих оцарапать экран. Панель кинескопа не должна быть жестко закреплена, а подводимый к ней жгут проводов не должен оказывать давления на штырьки и ключ кинескопа.

Восстановление

Стоимость цветных кинескопов пока высокая, и поэтому проблема их восстановления является очень актуальной. Они могут восстанавливаться полностью в специальных регенерационных (восстановительных) мастерских или частично — у владельца телевизора или в телеателье.

Регенерацию цветных кинескопов делают так же, как черно-белых, т. е в случае хорошего состояния экрана вырезают электронно-оптическую систему, наваривают новую горловину и заваривают в кинескоп новые прожекторы. Затем кинескоп откачивают, обрабатывают катод, прожигают кинескоп и испытывают его. Цветные кинескопы требуют особой осторожности при заполнении колбы воздухом, так как при бурном притоке его может осыпаться люминофор, деформироваться маска и могут загрязниться ее отверстия.

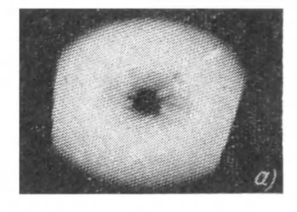
Прежде чем приступить к восстановлению кинескопа, нужно твердо убедиться в его неисправности. Например, отсутствие напряжения на ускоряющем или фокусирующем электродах из-за плохого контакта в штырьках панели может привести к неправильному заключению о потере эмиссии катода.

Если на кинескоп не поступает ускоряющее или фокусирующее напряжение, то проверить катод методом наблюдения электронного изображения невозможно. В таких случаях удобно пользоваться прибором для проверки и восстановления кинескопов, описанным в гл. 5, который позволяет проверить исправность каждого прожектора в отдельности. Рекомендуемый в популярной литературе метод контроля активности катодов кинескопов по величине сопротивления катод — модулирующий электрод при включенном накале может ввести в заблуждение, так как при этом измеряется эмиссионный ток всей поверхности катода, а не его рабочей части. Этот ток составляет примерно 10% общего тока.

Восстановление эмиссионной активности катодов цветных кинескопов можно проводить в том же режиме, что и черно-белых кинескопов (см. гл. 5).

Применение маски в цветных кинескопах практически не мешает использовать электронное изображение катода для контроля состояния поверхности оксидного покрытия катода. В связи с тем что в цветных кинескопах на фокусирующий электрод подается напряжение 4—5 *кв*, его не нужно соединять со вторым анодом, как это делают при получении электронного изображения катода в черно-

белых кинескопах. Достаточно понизить напряжение второго анода до 5—6 *кв*, медленно уменьшить напряжение на модулирующем электроде, и на экране появится электронное изображение катода. Края этого изображения в цветных масочных кинескопах немного срезаются полюсными наконечниками электронно-оптической системы и на экране видна сетка маски (рис. 27, *а*, *б*). Однако при помощи потенциометров сведения лучей и магнита чистоты цвета можно просмотреть всю рабочую поверхность катода. При необходимо-



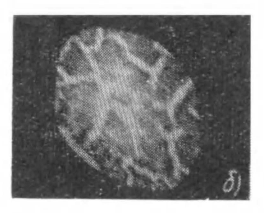


Рис. 27. Электронные изображения катодов цветных кинескопов.
а — с налетом углерода; *б* —с растрескиванием оксида.

сти можно увидеть все три катода сразу. Как уже упоминалось ранее, в цветных кинескопах электронные токи большие, поэтому в отдельных случаях для получения хорошей четкости изображения катода нужно уменьшить эти токи. Как измерение максимального тока луча, так и просмотр изображения катода нужно проводить быстро во избежание перегрева маски.

Дефекты катодов и причины их возникновения в цветных кинескопах остаются такими же, как и в черно-белых кинескопах. Нужно отметить только то, что в цветных кинескопах чаще наблюдается растрескивание катода (рис. 27, *б*).

Установить истинный дефект катода порой трудно даже при просмотре электронного изображения. Поэтому все кинескопы с потерей эмиссии следует подвергать восстановлению.

Если же после восстановления эмиссия не улучшилась, то продлить срок службы кинескопа возможно только путем повышения напряжения накала. Так как при чрезмерном повышении температуры катода оксид начинает бурно испаряться, напряжение накала нужно повышать плавно. Чтобы получить необходимый рабочий ток у потерявшего эмиссию катода, нужно добавить к номинальному напряжению накала всего несколько десятых вольта. В цветных кинескопах плавное повышение напряжения накала особенно важно, так как сильным перекалом можно спасти один плохой катод, но вывести из строя два хороших.

ЛИТЕРАТУРА

В. И. Барановский. Технология производства приемных электроннолучевых трубок. М., «Энергия», 1970.

М. В. Герасимович. Експлуатаційна надійність кінескопів. Киев, «Техніка», 1963.

В. А. Зайцев, В. А. Третьяков. Срок службы радиоламп. М., «Энергия», 1966.

В. С. Тарасов. Новая жизнь телевизора. М., «Энергия», 1968.

Л. М. Кузинец. Взаимозаменяемость и ремонт деталей телевизоров. М., «Энергия», 1965.

В. А. Миллер, Л. А. Куракин. Приемные электроннолучевые трубки. М., «Энергия», 1964.

Е. П. Берлинблау. Стабилизаторы напряжения для питания телевизора. М., «Энергия», 1965.

А. Д. Костинский, И. С. Марченко, Л. В. Траубе. Кинескопы. Киев, «Техніка», 1965.

Н. В. Плешивцев. Катодное распыление. М., Атомиздат, 1968.

Н. В. Пароль. Надежность приемно-усилительных ламп. М., «Советское радио», 1964.

Н. П. Супряга. Новые электроннолучевые приборы. М., Военное издательство МО СССР, 1968.

М. Рашковский. От КВН до «Электрона». Одесса, «Маяк», 1969.

Г. А. Кудинцева и др. Термоэлектродные катоды. М., «Энергия», 1966.

И. П. Жеребцов. Основы электроники. М., Госэнергоиздат, 1960.

Н. В. Черепнин. Основы очистки, обезгаживания и откачки в вакуумной технике. М., «Советское радио», 1967.

Цена 17 коп.